

التباين المكاني لنماذج طقس الرياح الجنوبية بالمملكة العربية السعودية

جهد محمد قرية*

ملخص: يسود التنوع المناخي أراضي المملكة العربية السعودية التي تغطي بمساحتها القارية الواسعة معظم أرجاء الجزيرة العربية، وتتولد بشكل عام نماذج طقس معبرة عن هذا التنوع المناخي، يؤدي على مستوى المحطات المناخية الرئيسة إلى تغيرات في درجات الحرارة مع زيادة في القارية، وبخاصة خلال فترات استتباب الرياح الجنوبية. ويمكن الشعور بنماذج طقس هذه الرياح كأجواء قارية خاصة عندما حدثت خلال العام، وكأجواء مميزة خلال فصل الشتاء لارتباطها أساساً بانخفاض معدلات الرطوبة النسبية. ويهدف هذا البحث إلى تشخيص التغيرات المكانية للخصائص المناخية الرئيسة، لمختلف أنواع الرياح الجنوبية بالمحطات الرئيسة العاملة، كما يجيب عن التساؤل الذي يهدف إلى معرفة إذا ما كانت نماذج طقس الرياح الجنوبية هذه متشابهة من الوجهة المناخية العامة، أم هي متباينة بعضها عن بعض. ولقد أعطى تحليل التباين لمجموعات النماذج، الذي سيعتمد على استخدام البيانات اليومية للعناصر الجوية في 25 محطة رئيسة من الدرجة الأولى للفترة الممتدة من يناير 1986 إلى ديسمبر 1998م، نتائج مهمة تؤكد وجود الفروق المناخية بين مختلف نماذج الطقس المولدة عن هذه الرياح.

المصطلحات الأساسية: بيانات يومية، التكرار النسبي، الرياح السائدة، الخصائص المناخية، الانحراف الحراري، انحراف الرطوبة، التباين متعدد المتغيرات، الاصداء المناخية، التباين المكاني، نماذج الطقس.

* عضو هيئة تدريس، جامعة الملك سعود، قسم الجغرافيا، الرياض، المملكة العربية السعودية.

أولاً - مقدمة البحث:

تتسم العروض المدارية بهدوئها المناخي مقارنة مع العروض الوسطى المعتدلة والعليا شبه القطبية؛ لأنها تتسم بقلّة نشوء وتردد نماذج الطقس المؤدية إلى تطور الحالات الاضطرابية على سطح الأرض. وتنتمي أراضي المملكة العربية السعودية بمناخها إلى المنطقة المدارية الجافة، هذا المناخ الذي يركز على عوامل مهمة، منها ما هو مرتبط بفلكية الأرض وبالموقع على شبكة خطوط الطول ودوائر العرض، ومنها ما هو ناتج من جغرافية السطح التي يتضح دورها في تنسيق الخطوط الرئيسة لمختلف المناخات الإقليمية للأراضي السعودية وإكسابها صفات مهمة، ويعوض غياب الاضطرابية في الأراضي المدارية بشكل عام، أي غياب التتابع الحقيقي للوضعيات الجوية القادرة على توليد مختلف أنواع نماذج الطقس «الاضطرابية»، بتنوع وتبدل اتجاهات الرياح وسرعاتها، بحيث ترتبط التغيرات الحقيقية في «حالات الطقس» على سطح الأرض بتغيرات اتجاهات الرياح وسرعاتها بالإضافة إلى التنوع الناتج من الجغرافية المكانية التي تحدد غالبية صفات نماذج الطقس المتحققة على مدار السنة المتوسطة.

وقد نشرت العديد من الأبحاث العلمية على الساحة العربية، التي تؤكد أهمية الدراسات العلمية للرياح بمختلف أنواعها، وبخاصة ما يتعلق بالمؤلفات المرجعية باللغة الإنجليزية أو الفرنسية المتعددة. إلا أن البحث العلمي الذي يستهدف بيان أهمية التنوع المناخي «لنماذج الطقس» المرتبط بتغيرات اتجاهات الرياح داخل الأراضي المدارية السعودية، قد يكون غير متوفر إطلاقاً، ونستطيع اعتماد هذا البحث بوصفه محاولة تعد الأولى من نوعها في التحليل المناخي المرتكز على البيانات اليومية لأراضي المملكة العربية السعودية التي ما زالت من الناحية الجغرافية - المناخية إقليمياً مناخياً يستدعي كثيراً من الدراسات العلمية المفصلة الهادفة إلى استقراء خصائصه وسماته الأساسية.

ثانياً - موضوع الدراسة:

تهتم هذه الدراسة في بحث التباين المكاني لنماذج طقس الرياح الجنوبية بالمملكة العربية السعودية بغية إظهار الخصائص المناخية المتولدة على سطح الأرض لدى استتباب الرياح الجنوبية بمختلف اتجاهاتها. وتتغير هذه الخصائص

من مكان إلى آخر بشكل يستدعي تطوير البحث باستخدام المحطات الرئيسية المناخية المعتمدة والمراقبة لاعتماد البيانات اليومية من أجل توصيف علمي بياني لتغيرات الخصائص المناخية لهذه الرياح المهمة على أراضي المملكة العربية السعودية.

ويبقى الهدف الرئيس من وراء موضوع التحليل الكمي لتردد الرياح الجنوبية وتشخيص خصائصها المناخية كامناً في إظهار «نماذج» الرياح الجنوبية من حيث كونها رياحاً مولدة «لنماذج طقس» مميزة بعضها عن بعض ابتداء من الخصائص المناخية المحددة لها والمتزامنة مع تغيرات اتجاهاتها اليومية السائدة.

ثالثاً - منطقة الدراسة:

يختص هذا البحث بدراسة أراضي المملكة العربية السعودية بحدودها السياسية، وقام على استخدام بيانات شبكة محطات الأرصاد الجوية الواقعة داخل هذه الحدود. وتنتمي أراضي المملكة العربية السعودية - بشكل عام - إلى «المناخ المداري الجاف»، الذي يتأثر بعوامل الجغرافية التي تؤدي إلى نشوء تباينات مكانية ملاحظة بشكل كبير، وبخاصة في الأجزاء الجبلية المرتفعة والمناطق الساحلية.

ويعد هذا المناخ نتيجة مباشرة للموقع الفلكي لأراضي المملكة العربية السعودية بين $20^{\circ} 16'$ و $32^{\circ} 12'$ شمالاً وبين $50^{\circ} 34'$ و $40^{\circ} 55'$ شرق غرينتش، وذلك أخذاً بالتعديلات الأخيرة للحدود السياسية بين المملكة العربية السعودية واليمن. وتمتد أراضي المملكة العربية السعودية على جانبي مدار السرطان، ليتأكد بذلك الانتماء المناخي المداري لأراضي منطقة البحث، وليتأكد كذلك العامل الحراري المهيمن على الوحدات الأولية لمناخ هذه الأراضي؛ أي على نماذج طقسها التي بنمط تردها وتتابعها الاعتيادي على فترات زمنية طويلة ترسم الخطوط المناخية الإقليمية لأراضي منطقة الدراسة.

ويعد التنافر بين الأراضي الجبلية الممتدة على الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية في المملكة العربية السعودية والأراضي الهضابية الداخلية لمناطق نجد والتباين بين السهول الساحلية والأراضي الداخلية القارية الأساس الذي يركز عليه دور جغرافية المنطقة في رسم التباين المكاني لمختلف عناصر المناخ، ومنها الرياح، وبخاصة ما يتعلق بالرياح الجنوبية السائدة.

رابعاً - منهج الدراسة وأسلوبها:

أ - منهج الدراسة:

يتبع هذا البحث المنهج الاستقرائي والاستدلالي في معالجة بيانات المحطات المناخية التابعة لمصلحة الأرصاد وحماية البيئة في المملكة العربية السعودية، ويستند إلى القياسات اليومية؛ ولذا سينتقل من النواحي الجزئية، أي من الناحية اليومية للرياح لتعمم بواسطة العمليات الهادفة إلى بيان درجات التردد الحقيقية والمناخية، المتولدة عن استتباب هذه الحوادث اليومية لمختلف اتجاهات الرياح الجنوبية، وأخذاً بملاحظة الكمية الهائلة للأرقام المعالجة على المستوى اليومي، فقد استخدمت الوسائل الإحصائية الآلية للسيطرة على هذه البيانات والتحكم بها مستعينين بالطرق التي تخدم أهداف البحث كما يأتي:

1 - العمليات الإحصائية الوصفية، وبخاصة ما يتعلق بالأعمال الأساسية التي تسمح بالتحكم في حساب نسب التردد وانحرافاتها وتخص العمليات المميزة لحزم الـ SPSS دون غيرها من حزم الإحصاء الآلي، الكامنة في حقيبة الـ AGREGATION التي مكن استخدامها على نطاق موسع بتحديد الخصائص المناخية الرئيسة لمختلف نماذج الرياح الجنوبية بحسب اتجاهاتها.

2 - لتمييز نماذج طقس الرياح الجنوبية بعضها عن بعض، ولكل محطة من محطات الدراسة، وكذلك من أجل تحديد التباين في الأصداء المناخية للرياح الجنوبية فقد اعتمدت إحدى طرق الإحصاء الآلي المتقدم، الخاصة بـ «تحليل التباين الثنائي متعدد المتغيرات» وذلك بعد تصميم المصفوفة الخاصة بهذه الطريقة، والتي تعتمد - بشكل مباشر - على النتائج العلمية التي توصل إليها في ميدان الخصائص المناخية وانحرافاتها للرياح الجنوبية بحسب مختلف محطات أراضي المملكة العربية السعودية.

ب - أسلوب الدراسة:

اعتمد أسلوب الدراسة على مجموعة من الطرق العملية التي تسمح بالوصول إلى أهداف هذا البحث، وبالإجابة عن مختلف التساؤلات التي يطرحها، والتي ذكرت فيما بعد، وفيما يأتي تتابع أهم العمليات التي كونت بمجموعها أسلوب العمل في هذا البحث.

1 - جمع المادة العلمية الأساسية عن الرياح اليومية لجميع محطات الرصد

الجوي لأراضي المملكة العربية السعودية، ويتعلق الأمر هنا بالبيانات اليومية للرياح واتجاهاتها السائدة، كما سيأتي ذكره لاحقاً.

2 - إدخال البيانات الأولية اليومية لقياسات الرياح في الحاسب، وكذلك للعناصر اليومية الرئيسة من درجات الحرارة والرطوبة النسبية لمختلف هذه الاتجاهات؛ أي إنشاء القواعد الخاصة بكل محطة.

3 - تصميم الجداول الآلية المناسبة لأهداف البحث، وبخاصة استخدام الوسائل المتاحة في الحزم الآلية المستخدمة (حزم الـ SPSS).

4 - التأكد من النتائج التي توصل إليها، ليس باستخدام طرق المراقبة الآلية بواسطة المقارنة بين المحطات ومعدلاتها فحسب، بل للتأكد أيضاً من الوصول إلى النتائج المتوخاة.

5 - طرح الاستنتاجات العلمية بعد إجراء العمليات الاستدلالية من الجداول مباشرة، وكذلك من نتائج العمليات الإحصائية الرئيسة التي تهدف إلى تحديد تميز مختلف نماذج رياح الجنوب وأصالتها بحسب اتجاهاتها على أراضي المملكة العربية السعودية، تحقيقاً للهدف الرئيس في البحث.

خامساً - الدراسات السابقة:

تختلف مناطق المملكة العربية السعودية في عدد الدراسات والأبحاث المناخية التي عرفتتها ونوعيتها، وهي بشكل عام تنحصر في مجالات بعيدة عن الرياح، من مثل الدراسات الخاصة بعنصر الأمطار أو عنصر الحرارة، وتؤكد الأدبيات المتوفرة عن مناخ المملكة شح الدراسات الخاصة بالرياح، ولا سيما الدراسات التحليلية التي تقوم على دراسة اتجاهات وسرعات الرياح أو تناول اتجاه واحد للرياح بالدراسة والتحليل للتوصل إلى تحديد التباين المكاني للنتائج المناخية المتولدة عن استتباب هذا الاتجاه، وبخاصة بالنسبة للأراضي والمناطق الجافة.

وتأتي الدراسات الخاصة بالرياح في مجال أبحاث التلوث الهوائي، أو في استخدام الرياح كمصدر للطاقة، أو في المجالات الهندسية المختلفة أو الزراعية، وتندر الأبحاث التي تهتم بجغرافية الرياح، وبخاصة على مستوى أراضي المملكة العربية السعودية. ونستطيع الجزم بأنه لا توجد دراسات سابقة خاصة بالرياح الجنوبية لأراضي المملكة العربية السعودية أي لا تتوافر دراسات علمية «لرياح

خاصة» مثل الرياح الجنوبية لمنطقة واسعة الأرجاء، قارية الأبعاد كأراضي المملكة العربية السعودية.

ومراعاة للمجال المتاح في هذا البحث من حيث ضرورة التقيد بعدم إثقاله بأعمال لا تتناسب مع طبيعته كورقة علمية فإننا سنكتفي بسرد أهم الأعمال المتعلقة بالرياح على أراضي المملكة العربية السعودية فقط.

1 - لتأكيد الناحية النشوئية أثبت جهاد قربة (1981م)، في بحثه عن نشوء الرياح الرملية وأكثر مناطق تأثيرها تردداً في المملكة العربية السعودية، الدور المهم لعمليات الاستدعاء الهوائي للضغوط المنخفضة المتوسطة ولمنخفض الهند الموسمي المنعقد صيفاً.

2 - أثبت جهاد قربة (1982م)، أن العمل المشترك بين منخفض المتوسط الشرقي والسودان هو المولد للأمطار الربيعية البكرة وللأمطار الموسمية الصيفية على الأجزاء الجنوبية الغربية للمملكة العربية السعودية، غير أنه في الوقت نفسه يسمح بتطور الرياح الرملية على أواسط المملكة.

3 - تطرق أحمد عبدالرحمن سراج (1984م) لأنواع الرياح المحلية المثيرة للغبار في دراسته للمعالم المناخية في المملكة العربية السعودية، وميز بين رياح الأزيب على ساحل البحر الأحمر ورياح الكوز على الساحل الشرقي.

4 - حاول البحيري والسيد (1985م)، تحديد المركبات الطبيعية للرياح الغبارية في شمال جدة للفترة من ديسمبر 1981 إلى مايو 1982م.

5 - توصل العمودي (1986م)، في رسالة الماجستير التي تقدم بها إلى جامعة أريزونا لدراسة الاختلافات اليومية لمعامل محصلة الرياح على طول سواحل المملكة العربية السعودية الشرقية والغربية.

6 - درس الكليب (1990م)، مناخ الخليج العربي، وتطرق في دراسته إلى العلاقة بين الضغط الجوي والرياح السائدة في المنطقة، بعد أن قسم توزيعات الضغط إلى قسمين رئيسين: شتوي وصيفي بالإضافة إلى وصفه لتوزيعات الضغط الرئيسية بحسب فصول السنة والرياح السائدة على أهم مدن دول مجلس التعاون الخليجي.

7 - قدم عبدالله الطاهر (1996م)، دراسة للعواصف الرملية والغبارية وأثرها على ترب الحقول الزراعية في الإحساء، وكانت تهدف إلى بيان العلاقات الارتباطية

بين سرعة الرياح ومختلف العناصر الجوية الأخرى المحددة، من مثل الضغط الجوي والرطوبة ودرجة الحرارة.

8 - نشرت مجلة العلوم والتقنية الصادرة عن مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية في العدين 49 و50 لعام (1999م)، معلومات عامة عن الرياح، أهمها دراسة أبو الخير حول الرياح والعواصف الرملية بالمملكة العربية السعودية، ودراسة قربة حول الرياح الشمالية في المملكة العربية السعودية.

ويستحيل على أي باحث تغطية كل الجوانب المتعلقة بالأدبيات السابقة لأي موضوع علمي قيد البحث، وستبقى هناك بعض الأعمال المهمة التي ربما لم نتمكن من الوصول إليها وذكرها في هذا المجال، الذي نتبين من خلاله:

1 - قلة الأبحاث العلمية المناخية على منطقة الخليج وأراضي المملكة العربية السعودية بصورة خاصة.

2 - ندرة الأبحاث العلمية المناخية الجغرافية المتعلقة بالرياح بشكل عام، وبخاصة تلك التي تخص دراسة نوعية محددة أو اتجاه واحد منها.

3 - انعدام الدراسات العلمية الخاصة بالرياح الجنوبية على مستوى أراضي المملكة العربية السعودية، ويعد هذا البحث المحاولة العلمية الأولى في هذا المجال.

4 - يبدو واضحاً من خلال الأدبيات المتوفرة عن الرياح اختلاف منهجيتها وأهدافها عن منهجية هذا البحث الجغرافي وأهدافه، الذي يحاول التركيز على فكرة التباين والنتائج المتولدة عن «حدث جوي» هو استتباب الرياح الجنوبية في يوم ما.

5 - أخيراً لا نستطيع مقارنة هذا البحث وأهدافه بأي من الأدبيات المتوفرة بأي لغة أجنبية كانت؛ لعدم توفر مثل هذه الأدبيات عن الرياح الجنوبية لأراضي المملكة.

ونعتقد بأن تناول موضوع الرياح من الناحية العلمية الجغرافية في غاية الأهمية، ولا شك في أن المجال الضيق لهذا البحث يهدف أساساً إلى إثبات تميز مختلف نماذج طقس الرياح الجنوبية وتباينها بعضها عن بعض، على أراضي المملكة العربية السعودية، سيفتح المجال واسعاً لدراسات أخرى لتكملة البحث التحليلي لهذه الرياح التي تعد محصلة للتفاعل القائم بين مجموعة العوامل

الديناميكية ومجموعة العوامل الجغرافية لسطح الأرض، ومولدة «لنماذج طقس» خاصة على أراضي المملكة العربية السعودية.

ومن الجدير بالذكر أن المراجع الأجنبية، وبخاصة ما كان باللغة الإنجليزية لم تقدم أية معلومات تذكر عن جغرافية الرياح في أراضي المملكة العربية السعودية، ولم يتمكن من كشف أي بحث بلغة أجنبية تناول دراسة الرياح الجنوبية للمملكة العربية السعودية بأية صفة كانت، وهذا ما يؤكد أهمية هذا البحث.

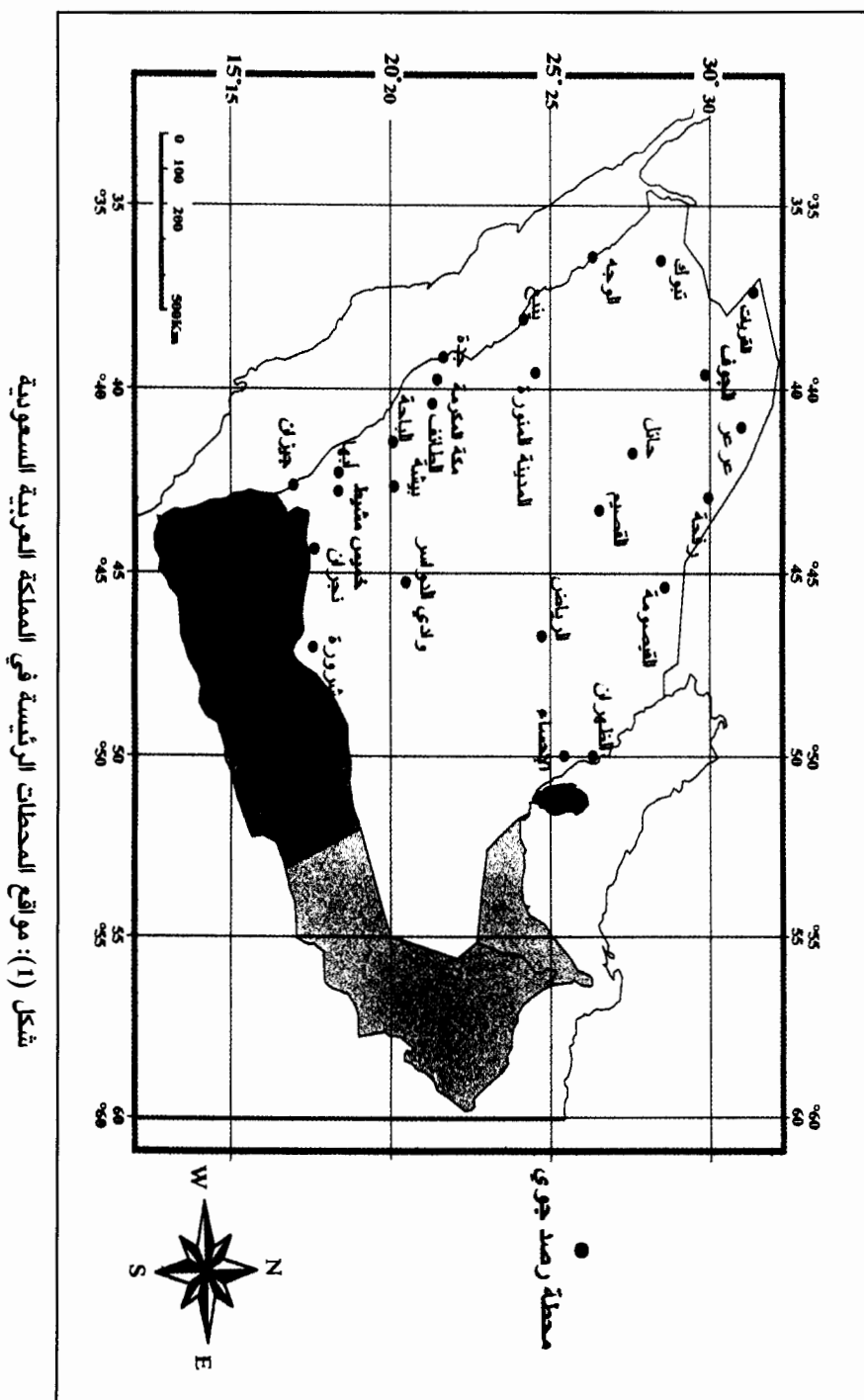
سادساً - البيانات المستخدمة والأهداف العلمية: أ - البيانات المستخدمة:

توفر مصلحة الأرصاد وحماية البيئة بالمملكة العربية السعودية القياسات اليومية لعدد مهم من المحطات المناخية التابعة لها، وتقوم دائرة المناخ بتنسيق عمليات الأرشفة بمختلف أنواعها وتقديمها للباحثين على شكل جداول، تحافظ على التتابع الزمني للقياسات، كما هو الحال بالنسبة لمختلف مصالح الأرصاد الجوية في العالم.

ويقوم هذا البحث على دراسة وتحليل الرياح الجنوبية لأراضي المملكة العربية السعودية، الأمر الذي يتطلب استخدام جميع محطات شبكة الأرصاد الجوية العاملة، التي توفر قياسات يومية شريطة توافر التجانس في القياسات بين هذه المحطات لأكبر فترة ممكنة.

ولتحقيق ذلك تم استخلاص 25 محطة رئيسة من الدرجة الأولى، ومن ثم توحيد وتجنيس فترة قياساتها المتوفرة، وهذا العمل يتطلب الاستعانة بعمليات الأرشفة الآلية التي أدت في النهاية إلى تكوين سلاسل زمنية مقبولة علمياً بعد تدقيقها للفترة من يناير 1986 - ديسمبر 1998م، ولم يتمكن من استخدام بيانات عام 1999م لأنها لم تنشر من قبل مصلحة الأرصاد لجميع المحطات، وقد مثل توزيع المحطات في الشكل (1).

ويأتي حصر البيانات اليومية لجميع الأيام التي هبت فيها رياح جنوبية من جميع المحطات المعتمدة من العمليات المهمة التي أدت إلى تكوين مصوغات هذا البحث، ومن ثم حساب المعدل المناخي الخاص لأهم العناصر الجوية المتحققة على سطح الأرض والمتزامنة معها، أي مع كل الرياح ذات المركبة الجنوبية ولمختلف اتجاهاتها الخمسة.



ب - الأهداف الرئيسية للبحث:

انطلاقاً من أهمية دور «الجغرافية»، أي المكونات الرئيسية للسطح في تحديد خصائص نماذج الطقس اليومية التي تتتابع على أراضي المملكة العربية السعودية، فإن أهم الأسئلة المطروحة لتحقيق أهداف هذا البحث هي الآتية:

* ما الآثار المناخية المتولدة على سطح الأرض من جراء استتباب نماذج طقس الرياح الجنوبية بمختلف اتجاهاتها؟

* هل تعد نماذج الطقس المصاحبة للرياح الجنوبية بمختلف اتجاهاتها نماذج مستقلة بعضها عن بعض أم هي متشابهة فيما بينها بحسب مختلف الأقاليم المناخية لأراضي المملكة العربية السعودية الممثلة بالمحطات المعتمدة في هذا البحث؟

* ما دور الرياح الجنوبية في زيادة تطور «السلبية» المناخية الناتجة من القارية - بمعنى كيف يمكن عزل الدور الذي يفترض أنه سلبي للآثار أو للأصداة المناخية للرياح الجنوبية، كونها تسمح بشكل عام بزيادة تأثير درجات الحرارة وتفاقم الشعور بالجفاف؟

* ما الأهمية النسبية لنماذج طقس رياح الجنوب وتغيرات هذه الأهمية على مختلف أجزاء أراضي المملكة العربية السعودية؟

وتشكل هذه التساؤلات محاور البحث الرئيسية التي ستسمح بتحقيق أهدافه التي تطمح إلى أن تكشف شيئاً عن النتائج المناخي لأراضي المملكة العربية السعودية.

سابعاً - المناقشة والتحليل:

أ - الأهمية النسبية للرياح الجنوبية:

تعد الرياح الجنوبية من أي اتجاه واقعاً حتماً حينما يرفع قياس اتجاه هذه الرياح بأنها رياح سائدة خلال اليوم الذي تحققت فيه على سطح الأرض، وهذا ما يسمى «بالاتجاه السائد» اليومي لرياح السطحية أو PRWDIR لدى الأرصاد الجوية، هذا القياس اليومي يسمح بعزل مختلف اتجاهات الرياح الجنوبية السائدة على مختلف المحطات الرئيسية العاملة بحسب ما يأتي:

- الرياح الجنوبية ج أو S.

- الرياح الجنوبية الشرقية ج ق أو SE.

- الرياح الجنوبية الجنوبية الشرقية ج ج ق SSE.
- الرياح الجنوبية الجنوبية الغربية ج ج غ SSW.
- الرياح الجنوبية الغربية ج غ SW.

ويعد تحديد التردد النسبي لهذه الرياح، ومن ثم التحدث عن الأصداء أو الآثار الناتجة من استتبابها على سطح الأرض من أهم أولويات هذا البحث قبل الدخول في الآليات العامة لنشوء هذه الرياح وكيفية هبوبها بحسب أكثر الوضعيات الجوية تردداً. ويعكس الجدول (1) والشكل (2) التردد أو التكرار النسبي للرياح الجنوبية، حيث يلاحظ بشكل عام الأهمية النسبية للرياح الجنوبية والرياح الجنوبية الجنوبية الغربية نتيجة لتردها العالي بالنسبة لباقي الاتجاهات، حيث كانت مجاميع نسب تحقق هذه الرياح لكل المحطات كالآتي:

182,36٪ للرياح الجنوبية

141,9٪ للرياح الجنوبية الجنوبية الغربية

93,28٪ للرياح الجنوبية الغربية

43,45٪ للرياح الجنوبية الجنوبية الشرقية

42,95٪ للرياح الجنوبية الشرقية

ويسمح تعميم هذه النسب بغية الحصول على اتجاهات جنوبية رئيسة ثلاثة عن طريق ضم الرياح الجنوبية الجنوبية الشرقية والغربية إلى الرياح الجنوبية كما يأتي:

معدل التردد النسبي للمحطة الواحدة	مجموع النسب لكل المحطات للفترة من 1998-1986م	
٪14,70	٪367,71	الرياح الجنوبية
٪3,73	٪93,28	الرياح الجنوبية الغربية
٪1,71	٪42,95	الرياح الجنوبية الشرقية

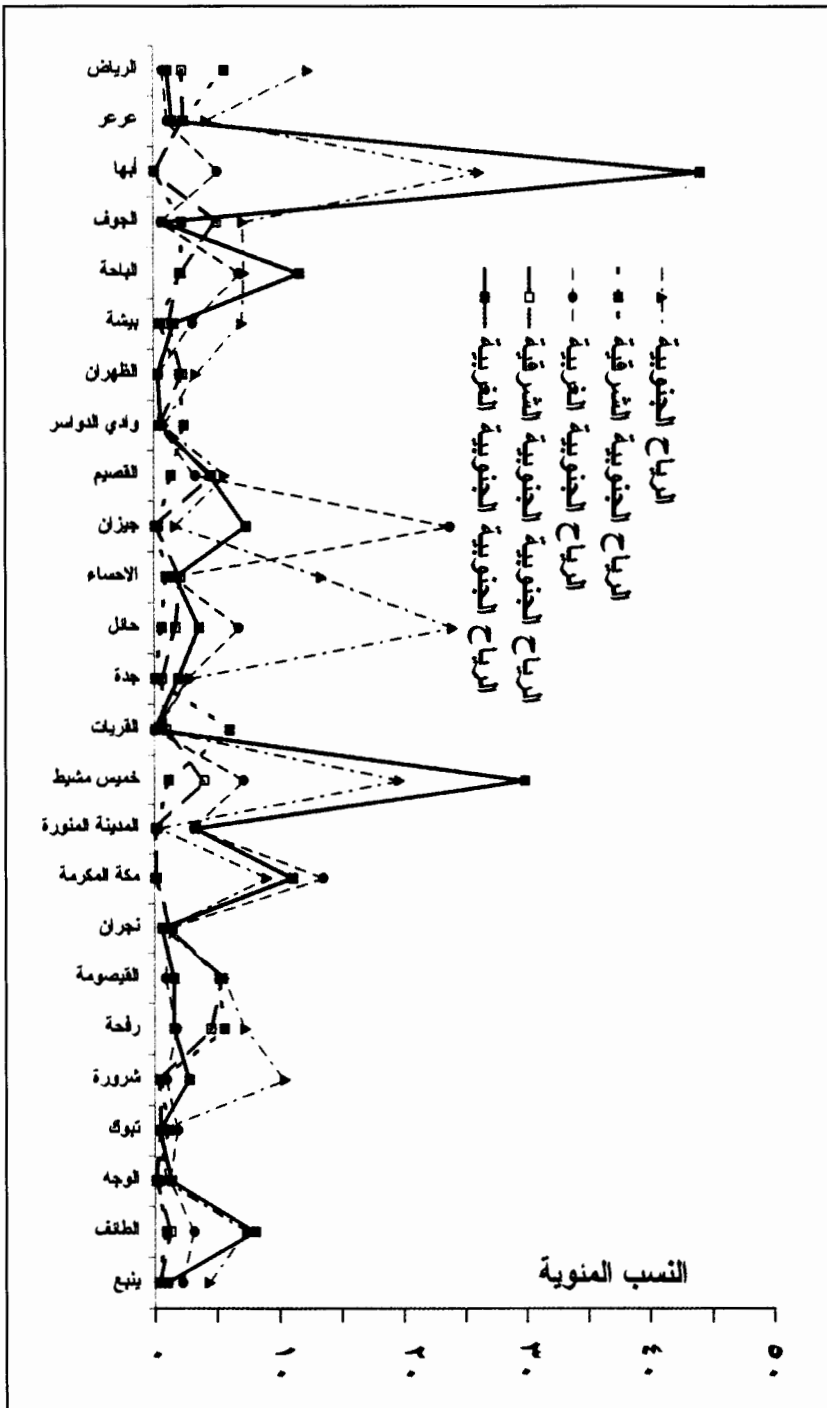
جدول (1): التكرار النسبي للرياح الجنوبية لمختلف المحطات الرئيسة في أراضي المملكة العربية السعودية

المحطة	الرياح الجنوبية	الرياح الجنوبية الشرقية	الرياح الجنوبية الغربية	الرياح الجنوبية الشرقية الجنوبية	الرياح الجنوبية الغربية الجنوبية	الرياح الجنوبية الغربية الجنوبية الغربية	الرياح الجنوبية الغربية الجنوبية الغربية الجنوبية
بنبع	4,36	0,32	2,19	0,38	1,01	8,26	الاجموع
الطائف	7,40	0,91	3,12	1,29	8,05	20,76	
الوجه	0,86	0,21	1,20	0,06	1,31	3,65	
تبوك	0,53	1,10	1,81	0,48	0,40	4,32	
شرورة	10,41	0,48	0,93	0,38	2,76	14,96	
رفحة	7,27	5,58	1,75	4,49	1,56	20,65	
القيصومة	5,54	5,14	0,84	5,44	1,54	18,50	
نجران	0,80	1,41	1,24	1,20	0,59	5,25	
مكة المكرمة	8,98	0,02	13,47	0,13	11,04	33,64	
المدينة المنورة	0,38	0,21	3,12	0,08	3,25	7,04	
خميس مشيط	19,68	1,10	7,10	3,96	29,84	61,69	
القريات	0,23	6,01	0,17	0,93	0,04	7,38	
جدة	2,85	0,06	2,72	0,57	1,88	8,07	
حائل	23,98	0,57	6,79	1,69	3,56	36,59	

تابع / جدول (1): التكرار النسبي للرياح الجنوبية لمختلف المحطات الرئيسة في أراضي المملكة العربية السعودية

المحطة	الرياح الجنوبية	الرياح الجنوبية الشرقية	الرياح الجنوبية الغربية	الرياح الجنوبية الشرقية الجنوبية	الرياح الجنوبية الغربية الجنوبية	المجموع
الإحساء	13,36	0,93	1,62	2,11	1,73	19,75
جيزان	1,71	0,30	23,75	0,08	7,38	33,21
القصيم	5,63	1,35	3,31	4,53	4,47	19,28
وادي الدواسر	0,78	2,36	0,38	0,40	0,59	4,51
الظهران	3,37	2,02	0,34	2,26	0,32	8,30
بيشة	7,08	0,40	3,10	1,16	1,58	13,32
الباحة	7,25	2,15	6,81	2,07	11,65	29,93
الجوف	7,14	2,23	0,57	5,02	0,70	15,66
أبها	26,15	0,04	5,10	0,08	44,07	75,45
عرعر	4,21	2,36	1,12	2,40	1,48	11,57
الرياض	12,39	5,69	0,74	2,27	1,12	22,21
المجموع	182,36	42,95	93,28	43,45	141,90	

مصدر البيانات: البيانات اليومية - مصلحة الأرصاد وحماية البيئة - جدة، المملكة العربية السعودية
الجدول من تنظيم وأعداد الباحث.



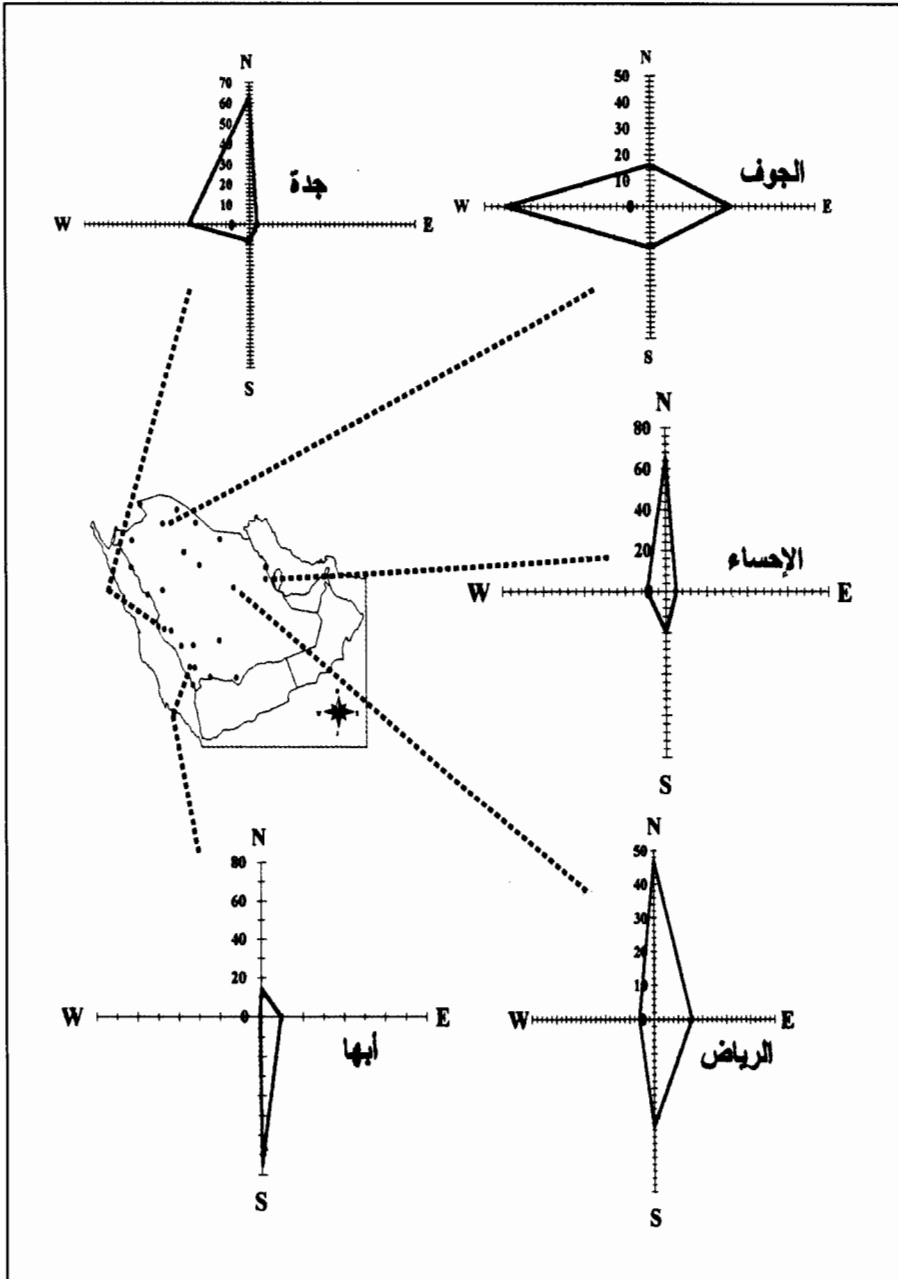
تؤكد هذه المعدلات انخفاض تردد الرياح الجنوبية على جميع أرجاء المملكة العربية السعودية بالإضافة إلى أن الرياح الجنوبية الشرقية لا تتعدى بتكرارها السنوي لسنة متوسطة 2٪ من مجموع اتجاهات الرياح المسجلة، وهي بذلك أضعف الرياح الجنوبية تردداً.

ويبقى تفحص النتائج الواردة في الجدول (1) بشكل تفصيلي، وبخاصة ما يتعلق بتغيرات نسب الرياح الجنوبية بمختلف اتجاهاتها من محطة إلى أخرى، موضع اهتمام؛ حيث تعد محطات جنوب غرب المملكة العربية السعودية من أكثر المحطات تعرضاً لهذه الرياح: أبها 75,45٪ من الرياح تخص الرياح الجنوبية بجميع اتجاهاتها، ولا تزيد هذه النسبة على 62٪ بخميس مشيط، وبجيزان على 33,21٪. وتتسم بعض محطات الداخل القاري بزيادة تردد الرياح ذات المركبة الجنوبية أحياناً على 20٪ من الرياح المتحققة في أثناء العام، كما هو الحال بمكة المكرمة والإحساء والباحة، وقد وصلت نسبة التردد على التوالي إلى 33,64٪، و 19,17٪، و 29,93٪.

ولا تزيد نسب تردد هذه الرياح في أثناء العام المتوسط على معظم أرجاء المملكة العربية السعودية على 20٪، بينما تقل عن ذلك في بعض المناطق التي تعد فيها هذه الرياح قليلة الحدوث، من مثل ينبع 8,26٪، والوجه 3,65٪، وتبوك 4,32٪، ونجران 5,25٪، والمدينة المنورة 7,04٪، والقريات 7,38٪، وجدة 8,07٪، ووادي الدواسر 4,51٪، والظهران 8,30٪، وعرعر بنسبة لا تتجاوز 12٪. ويؤكد الشكل (3) انخفاض نسب تردد الرياح الجنوبية باتجاه الشمال والشمال الشرقي للبلاد، حيث تصبح الأراضي أكثر عرضة للتأثيرات الغربية، والشمالية الغربية المتوسطة.

ويعني هذا أن عدداً يقارب نصف عدد المحطات الموزعة على أراضي المملكة العربية السعودية (48٪) لا تتجاوز نسبة الرياح ذات المركبة الجنوبية بها 10٪ في أثناء العام المتوسط. وتتوافق هذه النسب المتولدة على سطح الأرض للرياح الجنوبية مع الخصائص الرئيسة للمناخ الديناميكي للمملكة العربية السعودية، التي تؤكد انتماء معظم أراضي المملكة لنظام الجريان الجوي القطبي عدا بعض الأجزاء الجنوبية الغربية من الجزيرة العربية، التي يعد التردد العالي للرياح الجنوبية فيها مؤشراً على تأثر هذه الأرجاء بالجريان المداري العام بشكل مباشر وغير مباشر*.

* بعض الأبحاث العلمية أكدت انتماء المملكة للجريان القطبي مثل دراسة: J. KERBE، (1987)، أما فيما يتعلق بتعرض الأجزاء الجنوبية الغربية للمملكة العربية السعودية للتأثيرات المدارية فنشير إلى الدراسة الخاصة بهيدرولوجية سد أبها (1983) الوارد نكرها في مراجع البحث.



شكل (3): الفروق النسبية لهبوب الرياح الجنوبية بالنسبة لبقية الرياح الأخرى
لمحطات خمس ممثلة لأراضي المملكة العربية السعودية

وتتغير نسب تردد الرياح الجنوبية بحسب اتجاهاتها المختلفة بين المحطات كما يأتي:

الاتجاه العام	أقل نسبة للتردد	أعلى نسبة للتردد
الرياح الجنوبية	0,23٪ (القريات)	26,15٪ (أبها)
الرياح الجنوبية الشرقية	0,02٪ (مكة المكرمة)	6,01٪ (القريات)
الرياح الجنوبية الغربية	0,34٪ (الظهران)	23,75٪ (جيزان)
الرياح الجنوبية الجنوبية الشرقية	0,06٪ (الوجه)	5,44٪ (القيصومة)
الرياح الجنوبية الجنوبية الغربية	0,23٪ (الظهران)	44,07٪ (أبها)

ب - الصدى المناخي للرياح الجنوبية على أراضي المملكة العربية السعودية:
بعد تعرف الخصائص الكمية لتردد الرياح الجنوبية، ومقدار أهميتها المناخية بالنسبة لباقي اتجاهات الرياح السائدة، يأتي دور الدراسة المتعلقة بتحديد الخصائص المناخية لهذه الرياح الجنوبية الهادفة إلى توضيح الآثار المناخية لهذه الرياح وما إذا كانت مختلفة بنتائجها السطحية باختلاف اتجاهاتها المعروفة.

ويتطلب هذا الأمر عزل العناصر الجوية التي يتم قياسها أيام تحقق هذه الرياح للفترة 1986-1998م، ومن ثم حساب معدلاتها التي نستطيع أن نتعرف أهميتها المناخية بعد مقارنتها بالمعدلات العامة لهذه العناصر المتحققة ولسنوات الفترة نفسها. إن إنشاء الجداول المناخية لجميع المحطات ولمختلف اتجاهات الرياح الجنوبية سيسمح بتحقيق هذه الأهداف حيث سنقوم بدراسة ما يأتي:

1 - المعدلات الحرارية للرياح الجنوبية على سطح الأرض:

تتضح حقيقة «المناخية الحرارية» لهذه الرياح من خلال الجدول (2) الذي يبين المعدلات الحرارية المتولدة عن استتباب الرياح الجنوبية بمختلف اتجاهاتها. ويلاحظ بسهولة أن القيم العليا والدنيا لهذه المعدلات تنحصر في منطقتي شرورة وأبها، انطلاقاً من أن شرورة من الواحات الغربية للربع الخالي بينما تعد أبها أعلى محطة مناخية على أراضي المملكة العربية السعودية بارتفاع يناهز 2200م فوق سطح البحر. ويسمح استقراء هذا الجدول بتحديد تغيرات الحرارة العظمى لهذه الرياح بين محطات المملكة، ومهما كان اتجاهها فإنها تراوح بين 39°م و 23°م، بينما تراوح معدلات الحرارة الصغرى لهذه الرياح بين 25°م و 11°م. ويبدو كذلك من جراء تحليل الجدول (2) أن الرياح الجنوبية الشرقية التي تتميز بأقل ارتفاع في

جدول (2): المعدلات الحرارية الخاصة بالرياح الجنوبية على أرجاء المملكة العربية السعودية
والمحسوبة من البيانات اليومية للمحطات الرئيسية

المحطة	متوسط العظمي للرياح ج	متوسط الصغري للرياح ج	متوسط العظمي للرياح الاج ق	متوسط الصغري للرياح الاج ق	متوسط العظمي للرياح الاج ق	متوسط الصغري للرياح الاج ق	متوسط العظمي للرياح الاج ق	متوسط الصغري للرياح الاج ق	متوسط العظمي للرياح الاج ق	متوسط الصغري للرياح الاج ق	متوسط العظمي للرياح الاج ق
ينبع	34,33	22,79	37,00	24,09	33,97	22,94	34,56	22,37	35,47	22,19	35,47
الطائف	26,78	12,48	26,63	11,96	25,93	12,16	27,71	13,73	28,62	14,60	28,62
الوجه	31,36	20,10	31,05	20,89	37,30	25,47	31,55	21,55	32,24	22,90	32,24
تبوك	28,78	14,25	25,39	9,64	23,56	9,40	30,67	14,26	28,76	12,83	28,76
شروية	38,68	20,33	37,22	20,67	38,03	20,63	38,39	20,63	38,60	21,87	38,60
رفحة	32,10	15,25	26,85	11,16	29,31	13,28	30,68	14,14	31,42	14,94	31,42
القيصومة	33,94	18,26	28,86	13,98	30,81	15,60	34,41	18,57	34,20	18,92	34,20
نجران	32,69	16,81	29,29	13,49	29,42	13,06	34,05	17,27	33,47	16,58	33,47
مكة المكرمة	37,90	24,32	32,00	21,00	39,85	26,03	37,18	23,98	37,64	23,23	37,64
المدينة المنورة	37,77	23,62	34,01	20,40	33,10	18,13	36,87	23,18	33,76	20,24	33,76
خميس مشيط	25,51	12,52	27,17	13,73	26,21	12,83	24,98	12,25	25,56	12,73	25,56
القريات	30,05	14,16	23,04	5,90	26,10	9,51	17,00	5,40	24,65	9,36	24,65
جدة	34,86	23,64	36,43	26,50	34,81	23,35	34,73	22,80	35,21	22,92	35,21
حائل	28,90	12,13	27,23	12,73	30,63	14,08	27,59	11,75	28,02	12,92	28,02

تابع / جدول (2): المعدلات الحرارية الخاصة بالرياح الجنوبية على أرجاء المملكة العربية السعودية والمحسوبة من البيانات اليومية للمحطات الرئيسية

المحطة	متوسط العظمى للرياح ج	متوسط الصغرى للرياح ج	متوسط العظمى للرياح ج	متوسط الصغرى للرياح ج	متوسط العظمى للرياح ج	متوسط الصغرى للرياح ج	متوسط العظمى للرياح ج	متوسط الصغرى للرياح ج	متوسط العظمى للرياح ج
الإحساء	33,03	16,03	28,98	14,99	30,31	14,51	35,24	18,01	37,80
جيزان	33,07	24,58	32,84	23,46	35,65	26,48	33,24	24,05	34,69
القصيم	31,24	15,51	31,24	15,08	31,07	15,53	31,93	15,56	32,18
وادي النواصر	38,81	20,14	35,13	17,37	37,31	18,72	39,62	21,53	39,43
الطهران	29,49	17,70	28,99	16,95	28,02	17,42	31,31	17,44	36,89
بشة	33,63	17,12	33,35	19,60	33,84	17,79	33,06	16,88	31,37
الباقة	25,00	13,24	28,47	14,22	27,62	14,67	25,13	13,85	26,95
العوف	29,88	14,26	24,14	9,58	28,55	13,15	27,65	12,19	26,90
أبها	23,07	10,68	27,435	14,10	26,88	13,90	24,61	11,86	28,03
عرعر	30,35	20,23	27,72	26,71	28,33	22,08	30,91	19,17	29,21
الرياض	32,50	16,22	28,75	13,79	29,18	13,79	33,89	16,60	33,71
المعل الحارثي	31,75	17,45	30,05	16,46	31,03	16,98	31,48	17,18	32,19

مصدر البيانات: البيانات اليومية - محطة الأرصاد وحماية البيئة - جدة، المملكة العربية السعودية. الجدول من تنظيم ولإعداد الباحث.

درجات الحرارة على سطح الأرض وهذا ما تثبته نتائج حساب المعدلات الحرارية العامة للمملكة عن طريق حساب وسطي معدلات الحرارة العظمى والصغرى للرياح الجنوبية لجميع المحطات:

الرياح الجنوبية	الرياح ج ق	الرياح ج ج ق	الرياح ج ج غ	الرياح ج غ
الوسطي العام لمعدلات الحرارة العظمى للرياح الجنوبية (م°)	31,7	30,05	31,03	31,4
الوسطي العام لمعدلات الحرارة الصغرى للرياح الجنوبية (م°)	17,4	16,4	16,9	17,8
				32,19
				17,6

وقد صمم الشكل (4) ليوضح بالمقارنة بين محطات المملكة تفاوت المعدلات الحرارية العظمى والصغرى لرياح الجنوب حيث نستنتج ما يأتي:

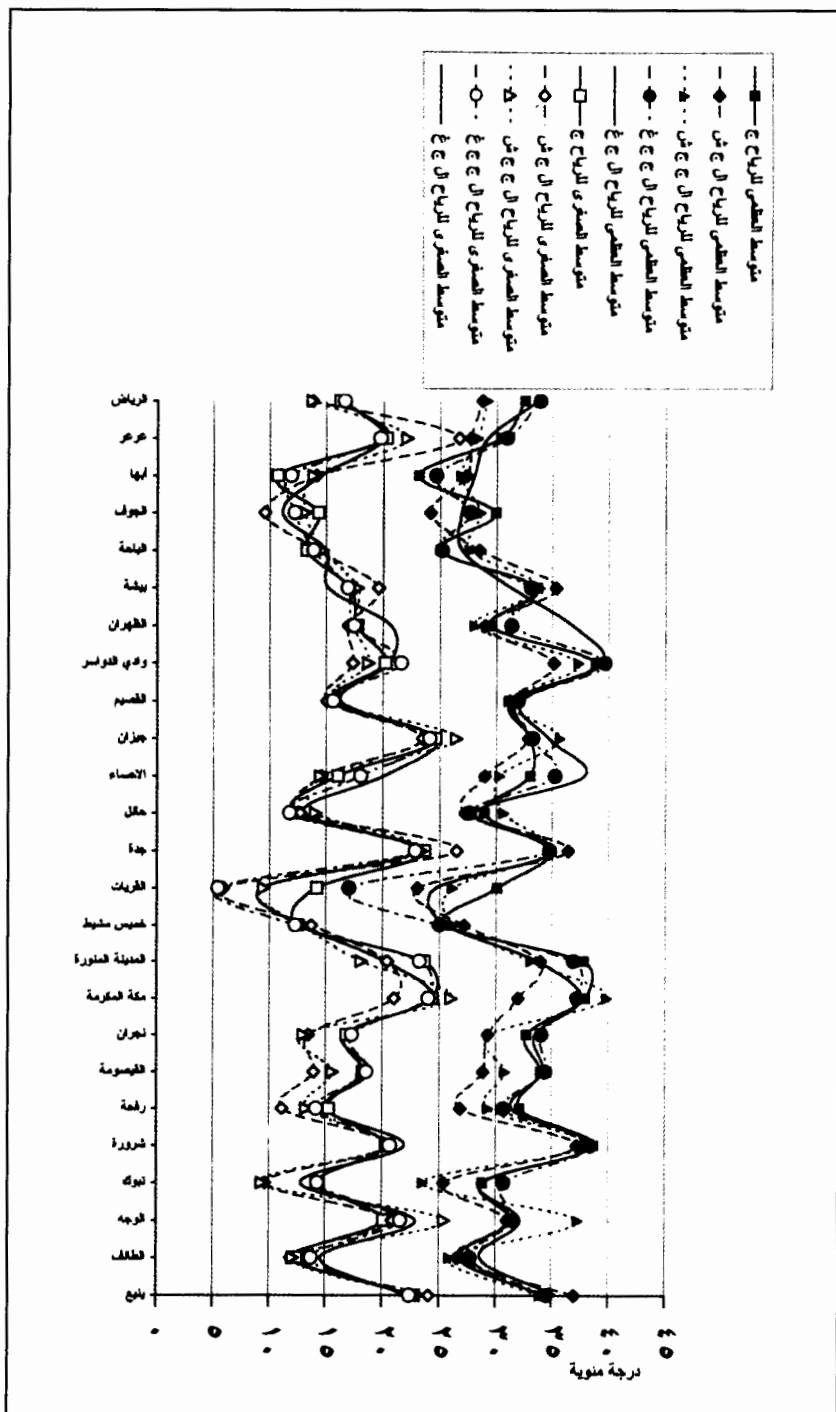
1 - 1 - بالنسبة لجميع المحطات، فإن ارتفاع درجات الحرارة العظمى بمناسبة استتباب الرياح الجنوبية يؤدي إلى ارتفاع في درجات الحرارة الصغرى، وتشذ عن هذه القاعدة عرعر التي تتسم دائماً بارتفاع مهم في درجات الحرارة الصغرى التي تتحقق ليلاً. ولا تتمتع التأثيرات الحرارية للرياح الجنوبية بصدى مميز في أثناء النهار، أي في فترة الذروة الحرارية المهمة نتيجة لقارية عرعر، بينما يكون الصدى الحراري جيداً على درجات الحرارة الصغرى ليلاً لانخفاضها الكبير المرتبط بقارية منطقة عرعر.

1 - 2 - تبقى الساعات الحرارية الوسطية، أي الفرق بين معدلات الحرارة العظمى والصغرى للرياح الجنوبية، متشابهة فيما بينها على الرغم من أن الرياح الجنوبية الشرقية والجنوبية الجنوبية الشرقية تؤدي إلى زيادة في الساعات الحرارية بالنسبة للرياح الجنوبية الغربية أو الجنوبية الجنوبية الغربية.

ونستطيع الآن بعد أن حددت - كمياً - الخصائص الحرارية لرياح الجنوب أن نحدد الصدى الحراري بالطرق الجغرافية المعروفة أي كمياً وبيانياً.

وقد أعدت الجداول (3 و4 و5) للتوصل إلى هذا الهدف. وتبين هذه الجداول انحراف معدلات درجات الحرارة والرطوبة النسبية عن معدلاتها الطبيعية المناخية للفترة من 1986-1998م عند استتباب الرياح الجنوبية، حيث يلاحظ بشكل واضح

شكل (4): التغيرات المكانية لمواسمات درجات الحرارة العظمى والصغرى المتزامنة مع رياح الجنوب



على مستوى درجات الحرارة العظمى والصغرى وعلى مستوى الرطوبة النسبية أن رياح الجنوب لا تعد رياحاً سلبية بآثارها، أي لا تؤدي بالضرورة إلى انخفاض الرطوبة أو زيادة الحرارة، بل إن نتائجها على سطح الأرض تتفاوت من مكان إلى آخر نتيجة لثلاثة عوامل رئيسية هي:

- نوعية الجريان الجنوبي السائد: أي الجريان على سطح الأرض الذي يقاس بواسطة اتجاه الرياح، وكذلك الجريان الجوي السينوبتي الناتج من تضافر مراكز العمل من ضغوط مرتفعة أو منخفضة تؤدي إلى نشوء هذا الجريان الجنوبي، أي بمعنى آخر الوضعية الجوية على سطح الأرض أو الديناميكية الجوية المؤدية لنشوء هذا الجريان.

- جغرافية المكان الذي تقع فيه محطة القياس: فغالباً ما يلاحظ أثر القارية الداخلية في تشويه الأصداء المناخية لمختلف أنواع الرياح بحسب اتجاهاتها وجعلها قريية المناخية بعضها من بعض.

- أثر الجبلية ودورها في تفاقم دور الرياح الجنوبية: يؤدي هذا الأثر دوره بدرجة عالية حتى استمطار هذه الرياح موسمياً، كما هو الحال في أجزاء جنوب غرب المملكة العربية السعودية حيث تقوم جبال عسير والسروات باستثمار الرياح الجنوبية الناتجة من استتباب الجريان الجنوبي الغربي بنوعيه الديناميكي والجغرافي الحراري وحدث الأمطار الربيعية والصيفية الموسمية*.

2 - الانحرافات في درجات الحرارة العظمى للرياح الجنوبية:

تنعكس التفاصيل الكمية لهذه الدرجات في الجدول (3) لمختلف اتجاهات الرياح الجنوبية التي مثلت بيانياً في الأشكال من (5) إلى (8)، حيث يلاحظ أن عدد المحطات التي تسجل انخفاضاً حرارياً في درجات العظمى لدى استتباب الرياح الجنوبية يتفاوت بحسب اتجاه الرياح الجنوبية كما يأتي:

* وردت دراسة ديناميكية للأمطار الربيعية والصيفية الموسمية في بحث حول «العمل المشترك ونتائجه لمنخفض المتوسط الشرقي ومنخفض السودان» (1982م)، إصدارات المؤتمر السادس للنواحي البيولوجية، وهي مذكورة في مراجع البحث.

الجدول (3): انحراف معدلات درجة الحرارة العظمى للرياح الجنوبية عن معدلاتها المناخية للفترة 1986-1998

المحطة	انحراف العظمى للرياح الـ ج ق	انحراف العظمى للرياح الـ ج ج ق	انحراف العظمى للرياح الـ ج ج غ	انحراف العظمى للرياح الـ ج	انحراف العظمى للرياح الـ ج غ
ينبع	2,50	0,53-	0,06	0,17-	0,97
الوجه	1,25	7,50	1,75	1,56	2,44
الطائف	2,97-	3,67	1,89-	2,82-	0,98-
تبوك	4,21-	6,04-	1,07	,82-	0,84-
شمرورة	1,42	2,24	2,59	2,88	2,80
الرياض	4,12-	3,69-	1,02	0,37-	0,84
رفحة	3,95-	1,49-	0,12-	1,30	0,62
القيصومة	3,54-	1,59-	2,01	1,54	1,80
نجران	3,18-	3,05-	1,58	0,22	1,00
المدينة المنورة	0,79-	1,70-	2,07	2,97	1,04-
مكة المكرمة	5,70-	2,15	0,52-	0,20-	0,06
خميس مشيط	0,46	0,50-	1,73-	1,20-	1,15-
القريات	5,26-	2,20-	11,30-	1,75	3,65-

تابع / الجدول (3): انحراف معدلات درجة الحرارة العظمى للرياح الجنوبية عن معدلاتها المناخية للفترة 1986-1998

المحطة	انحراف العظمى للرياح الـ ج ق	انحراف العظمى للرياح الـ ج ج ق	انحراف العظمى للرياح الـ ج ج غ	انحراف العظمى للرياح الـ ج	انحراف العظمى للرياح الـ ج غ
جدة	1,98	0,36	0,28	0,41	0,76
حائل	1,87	1,53	1,51-	0,20-	1,08-
الإحساء	5,26-	3,93-	1,00	1,21-	3,56
جيزان	2,65-	,16	2,25-	2,42-	0,80-
القصيم	0,76-	0,93-	0,07-	0,76-	0,18
وادي الدواسر	0,57-	1,61	3,92	3,11	3,73
الظهران	4,05-	5,02-	1,73-	3,55-	3,85
بيشة	2,17	,66	,12-	0,45	1,81-
الباحة	,43-	1,28-	3,77-	2,90-	1,95-
عرعر	1,28-	0,76-	1,91	1,35	0,21
الجوف	4,65-	0,24-	1,14-	1,09	1,89-
أبها	2,05	1,58	0,69-	2,23-	2,73

الجدول من تنظيم وإعداد الباحث.

المصدر: البيانات اليومية - مصلحة الأرصاد وحماية البيئة - جدة، المملكة العربية السعودية.

سعة الانحراف الموجب (°)	سعة الانحراف السالب (°)	عدد المحطات (الموجبة)	عدد المحطات (السالبة)	
0,46 إلى 2,5	0,43- إلى 5,7-	7	18	الرياح الجنوبية الشرقية
0,16 إلى 7,5	0,24- إلى 6,04-	9	16	الرياح الجنوبية الجنوبية الشرقية
0,22 إلى 3,11	0,2- إلى 3,9-	13	12	الرياح الجنوبية
0,6 إلى 2,59	0,12- إلى 11,3-	12	13	الرياح الجنوبية الجنوبية الغربية
0,6 إلى 3,85	0,6- إلى 3,65-	14	11	الرياح الجنوبية الغربية

من خلال هذه المعلومات يتبين أن الرياح الجنوبية ذات المركبة الغربية هي الأكثر تحريضاً على ارتفاع درجات الحرارة العظمى، بينما تبقى الرياح الشرقية رياحاً لا تتسم بضرورة بتوليد ارتفاعات في درجات الحرارة العظمى. وتؤكد خصائص الجريان الجوي فوق أراضي المملكة العربية السعودية هذا الصدى المناخي؛ وذلك لكون الرياح الجنوبية الغربية أكثر تحملاً بالرطوبة الجوية من الرياح ذات المركبة الشرقية، وهذا ما تبينه بوضوح مقارنة الشكلين (5) و(8).

3 - الانحرافات في درجات الحرارة الصغرى للرياح الجنوبية:

تعد درجات الحرارة الصغرى أكثر حساسية في انحرافات من درجات الحرارة العظمى، الجدول (4)، نتيجة للطبيعة القارية لأراضي المملكة العربية السعودية التي لا تعرف نسباً عالية من درجات التغميم، ولبقاء سمائها صحوه معظم أيام السنة، الأمر الذي يرفع من معدلات الضياع الحراري الليلي لمختلف أجزاء المملكة. ولا يجابه هذا الضياع الحراري الليلي أو يقلل من معدلاته في بعض الأحيان إلا استتباب لوضعيات جوية تسمح بسيطرة كتل هوائية جنوبية حارة، يرتبط وجودها بوضعيات جوية جيدة التبلور والوضوح تعكس تحققها الرياح السطحية الجنوبية المعنية. إلا أن الظروف الحرارية للرياح الجنوبية تختلف بحسب اتجاه هذه الرياح كما هو الحال بالنسبة لدرجات الحرارة العظمى. والجدول الآتي يوضح هذه التغيرات بحسب الاتجاهات السائدة لهذه الرياح:

الجدول (4): انحراف معدلات درجة الحرارة الصغرى للرياح الجنوبية عن معدلاتها المناخية للفترة 1986-1998

المحطة	انحراف الصغرى للرياح الـ ج ش	انحراف الصغرى للرياح الـ ج ج غ	انحراف الصغرى للرياح الـ ج	انحراف الصغرى للرياح الـ ج غ
ينبع	3,29	2,14	1,99	1,39
الوجه	1,09	5,67	30	3,10
الطائف	4,04-	3,84-	3,52-	1,40-
تبوك	4,56-	3,80-	0,05	1,37-
شرورة	1,59	1,55	1,25	2,79
الرياض	3,31-	3,31-	,88-	,58-
رفحة	4,34-	2,22	,25-	,56-
القيصومة	3,92-	2,30	0,36	1,02
نجران	3,57-	4,00-	,25-	,48-
المدينة المنورة	0,90-	3,18-	2,32	1,06
مكة المكرمة	10,3	1,93	,22	,13
خميس مشيط	,33	0,57-	,88-	,67-
القريات	5,50-	1,89-	2,76	2,04-

تابع / الجدول (4): انحراف معدلات درجة الحرارة الصغرى للرياح الجنوبية عن معدلاتها المناخية للفترة 1986-1998

المحطة	انحراف العظمى للرياح الـ ج ش	انحراف العظمى للرياح الـ ج ج ش	انحراف العظمى للرياح الـ ج ج غ	انحراف العظمى للرياح الـ ج	انحراف العظمى للرياح الـ ج غ
جدة	4,02	87	32	1,16	,44
حائل	1,46-	29	2,62-	2,24-	1,45-
الإحساء	4,43-	4,51-	1,01-	2,99-	1,02
جيزان	2,24-	78	1,56-	1,12	,99-
القصيم	1,82-	1,37-	1,34-	1,39-	,63-
وادي الدواسر	1,33-	,02	2,83	1,44	1,82
الظهران	3,35-	2,88-	2,86-	2,60-	0,37
بيشة	3,00	1,19	28	,52	1,43-
الباحة	2,28-	1,83-	2,65-	3,26-	1,51-
عرعر	11,95	8,32	4,95	5,47	5,28
الجوف	4,97-	1,40-	2,36-	,29-	3,43-
أبها	2,00	1,80	,24-	1,42-	2,41

مصدر البيانات: البيانات اليومية - مصلحة الأرصاد وحماية البيئة - جدة، المملكة العربية السعودية. الجدول من تنظيم وإعداد الباحث.

الجدول (5): انحراف معدلات الرطوبة النسبية للرياح الجنوبية عن معدلاتها المناخية للفترة 1986-1998

المحطة	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج ق	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج ج ق	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج ج غ	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج غ
بنبع	2,77	9,78	2,81	5,34	5,50
الوجه	-,93	21,03	4,53	4,13-	9,86
الطائف	3,89	8,22	8,02	10,54	5,35
تبوك	4,59	11,00	3,04	3,62	,06
شرورة	3,30-	5,73	1,39	1,12-	4,51
الرياض	8,28	7,12	1,35	3,00	1,61
رفعة	8,45	3,99	,22	,86	,08
القيصومة	8,87	6,91	2,79-	1,50-	,93
نجران	5,61	13,01	4,74	10,45	,32-
المدينة	5,80	7,80	1,20	1,70-	4,53
مكة المكرمة	18,70	3,37	5,59	3,55	4,70
خميس مشيط	7,85-	2,23	9,00	6,87	9,51
القريات	2,04	3,16-	20,50	,68	3,38

تابع / الجدول (5): انحراف معدلات الرطوبة النسبية للرياح الجنوبية عن معدلاتها المناخية للفترة 1986-1998

المحطة	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج ق	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج ج ق	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج ج غ	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج	انحراف الرطوبة للرياح الـ ج غ
جدة	4,73-	2,82	2,58	2,26	2,94
حائل	6,16	,81	5,93	1,23	6,73
الإحساء	14,71	8,41	1,29-	3,06	4,21-
جيزان	2,33	1,15	3,25	3,45	1,80
القصيم	,65	3,16	3,64	3,86	2,63
وادي الدواسر	3,96	,94-	3,14-	1,32-	3,93-
الظهران	12,23	12,53	4,93	9,88	2,10
بيشة	,89	4,44	10,29	11,68	7,85
الباحة	,61	5,00	13,41	11,68	7,85
عرعر	4,69	,05	3,59-	1,42-	,83
الجوف	8,02	,69	2,84	,86	,68
أبها	17,40	2,60	5,67	7,93	3,01-

الجدول من تنظيم وإعداد الباحث.

مصدر البيانات: البيانات اليومية - مصلحة الأرصاد وحماية البيئة - جدة، المملكة العربية السعودية.

سعة الانحراف الموجب (°م)	سعة الانحراف السالب (°م)	عدد المحطات (الموجبة)	عدد المحطات (السالبة)	
0,3 إلى 11,9	0,9- إلى 4,97-	8	17	الرياح الجنوبية الشرقية
0,02 إلى 7,3	0,5- إلى 24,8-	10	15	الرياح الجنوبية الجنوبية الشرقية
0,05 إلى 5,47	0,29- إلى 3,5-	11	14	الرياح الجنوبية
0,21 إلى 4,95	0,24- إلى 6-	10	15	الرياح الجنوبية الجنوبية الغربية
0,13 إلى 5,28	0,56- إلى 2,04-	11	14	الرياح الجنوبية الغربية

وتؤكد هذه المعلومات غياب قاعدة مناخية ثابتة للتغير الحراري المتزامن مع استتباب الرياح الجنوبية كما يتبين من الدراسة المعمقة للأشكال من 4 إلى 8 التي تؤكد أن المحطات التي تستقبل رياحاً جنوبية مرتبطة بمصادر تغذية رطوبية، أي مرتبطة بكتل هوائية جنوبية بحرية غالباً ما تعرف انخفاضاً في درجات الحرارة، بينما لا تؤدي الكتل الهوائية الجنوبية القارية بالضرورة إلى ارتفاع حراري؛ لأن الطبيعة القارية للجغرافية المحلية لمعظم محطات المملكة العربية السعودية تسمح بارتفاع حراري أكبر من الحرارة المصاحبة للرياح الجنوبية مهما كان اتجاه هبوبها، وهذا دليل قاطع على قوة هذا المناخ الحراري «الحدي» السائد على مختلف أنحاء المملكة العربية السعودية. ولا تعد من جهة أخرى ساعات الانحراف الموجبة والسالبة كبيرة جداً، حيث إنها تراوح بين 1م° - 2,5م° في حدودها الوسطية. (الجدول من 3 إلى 5). وتعد هذه الانحرافات في الحدود المقبولة، ولا يمكن اعتبارها إلا من الخصائص الاعتيادية الدقيقة أو التفصيلية جداً للرياح الجنوبية التي لا نعتقد بوجود الضرورة العلمية للبحث عن تفسير خاص بها. ويجب الانتباه كذلك إلى الانحرافات الحرارية التي تتداخل مع تغيرات اتجاهات الرياح، والتي بتضافرها مع الجغرافية المكانية تسمح أحياناً ببلورة انحرافات قوية مثل انحراف درجات الحرارة الصغرى في عرعر عند استتباب الرياح الجنوبية بشكل عام.

4 - الخصائص الرطوبية المتزامنة مع الرياح الجنوبية:

سيؤدي اتباع الخطوات نفسها الخاصة بعزل القياسات الحرارية للرياح الجنوبية لحساب معدلاتها للفترة من 1986-1998م إلى تحديد معدلات الرطوبة النسبية المتحققة مع نماذج طقس الرياح الجنوبية، وقد أعد الجدول (6) الخاص

جدول (6): معدلات الرطوبة النسبية للرياح الجنوبية على أراضي المملكة العربية السعودية

المحطة	متوسط الرطوبة للرياح	متوسط الرطوبة للرياح الـ ج	متوسط الرطوبة للرياح الـ ج	متوسط الرطوبة للرياح الـ ج	متوسط الرطوبة للرياح الـ ج
ينبع	85,84	56,27	63,28	56,31	59,00
الطائف	57,14	50,49	54,82	54,62	51,95
الوجه	57,90	61,10	41,00	66,56	71,89
تبوك	37,32	38,29	44,70	36,74	33,76
شروقة	26,48	24,30	33,33	28,99	32,11
رفعة	35,84	34,15	40,69	36,92	36,78
القيصومة	30,31	40,77	38,81	29,11	32,83
نجران	39,53	34,69	42,09	33,82	28,76
مكة المكرمة	49,85	56,00	49,76	51,89	51,00
المدينة المنورة	22,00	29,50	31,50	24,90	28,23
خميس مشيط	56,97	42,25	52,33	59,10	59,61
القيريات	44,18	45,54	40,34	64,00	46,88
حدة	62,08	54,67	62,22	61,98	62,34

تابع / جدول (6): معدلات الرطوبة النسبية للرياح الجنوبية على أراضي المملكة العربية السعودية

المحطة	متوسط الرطوبة للرياح	متوسط الرطوبة للرياح الـ ج	متوسط الرطوبة للرياح الـ ج	متوسط الرطوبة للرياح الـ ج	متوسط الرطوبة للرياح الـ ج
حائل	34,63	39,56	32,59	39,33	40,13
الإحساء	43,08	54,73	48,43	38,73	35,81
جيزان	71,05	69,93	68,57	70,85	69,40
القصيم	32,76	29,55	32,06	32,54	31,3
وادي الدواسر	24,78	30,06	25,16	22,96	22,17
الظهران	63,28	65,63	56,93	58,33	55,50
بيشة	34,96	30,89	34,44	40,29	42,06
الباحة	50,38	39,31	43,70	52,11	46,55
الجوف	30,94	39,82	32,49	34,64	32,48
أبها	64,83	39,50	59,50	62,57	53,89
عرعر	34,19	40,29	35,65	32,01	36,43
الرياض	30,50	35,78	34,62	28,85	29,11

مصدر البيانات: البيانات اليومية - مملكة الأرصاد وحماية البيئة - جدة، المملكة العربية السعودية. الجدول من تنظيم وإعداد الباحث.

بهذه النتائج الذي يؤكد أن الرياح الجنوبية لا تعد رياحاً جافة أو مولدة للجفاف بعدد من المحطات كما هو الحال بالنسبة لمحطات الداخل القاري، بل تعد رياحاً مولدة للرطوبة، وبخاصة إذا كانت الكتل الهوائية المولدة لهذه الرياح كتلاً هوائية مدارية رطبة أو استوائية رطبة.

ويتحقق قدوم مثل هذه الكتل الهوائية على الأطراف الجنوبية للجزيرة العربية، وعلى السواحل البحرية لها، حيث تكون الرياح الجنوبية محملة بالرطوبة العالية التي تؤدي إلى توليد أمطار مهمة أحياناً على الحواف الجبلية العالية. والمقصود بذلك الأمطار الموسمية العربية المشهورة على جبال السروات التي تعد جزءاً من «الموسميات العربية» التي تعرفها مختلف الأراضي الجبلية على هوامش الجزيرة العربية.

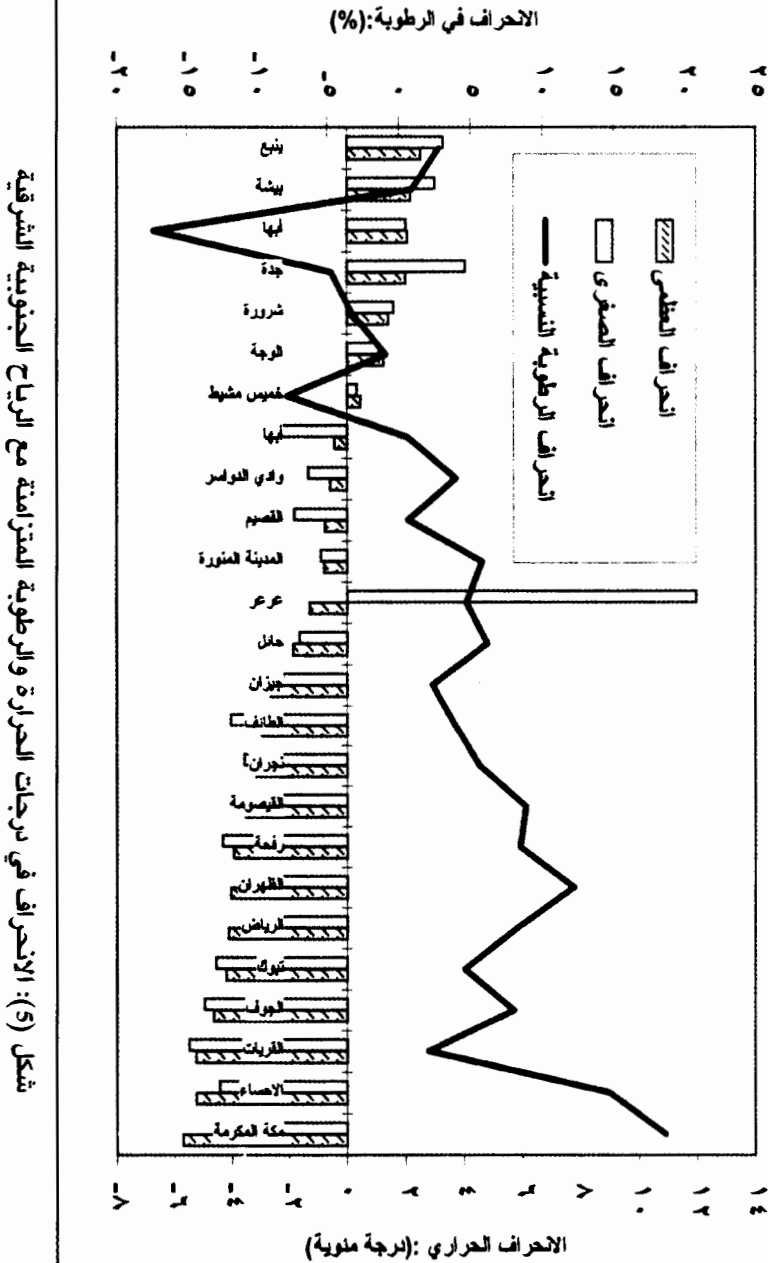
وتؤدي بشكل عام الطبيعة الجغرافية القارية الداخلية للمملكة العربية السعودية إلى تفاقم الشعور بالجفاف لدى استتباب هذه الرياح، وبخاصة الرياح الجنوبية الشرقية والجنوبية الجنوبية الشرقية المولدة لأقل درجات الرطوبة النسبية، بينما تتسبب الرياح الجنوبية الغربية في ارتفاع معدلات الرطوبة النسبية وتليها الرياح الجنوبية.

ويعكس الجدول (5) في الوقت نفسه انحراف الرطوبة النسبية المصاحبة للرياح الجنوبية عن المعدلات العامة للرطوبة لكل محطة. ولإدراك حقيقة الدور المناخي الرطوبي لهذه الرياح فقد اعتمد التمثيل البياني لهذه الانحرافات في الأشكال من (5) إلى (9) تبعاً لكل اتجاه ريحي جنوبي سائد، ويمكن استنتاج الحقائق المناخية الآتية:

(1) فيما يتعلق بالرياح الجنوبية الشرقية فإن المحطات الجبلية أبها وخميس مشيط، هي التي تعرف هبوطاً في معدلات الرطوبة النسبية الخاصة بها؛ لأن المناطق الجبلية للأجزاء الجنوبية الغربية أكثر توجهاً لاستقبال رطوبة الرياح الجنوبية الغربية من رطوبة الرياح الجنوبية الشرقية الصرفة، شكل (5).

(2) الرياح الجنوبية الجنوبية الشرقية هي الرياح الجنوبية التي تولد انحرافاً إيجابياً مهماً للرطوبة النسبية، وتشذ عن هذه القاعدة محطة واحدة من محطات أراضي المملكة العربية السعودية هي الوجه. شكل (6).

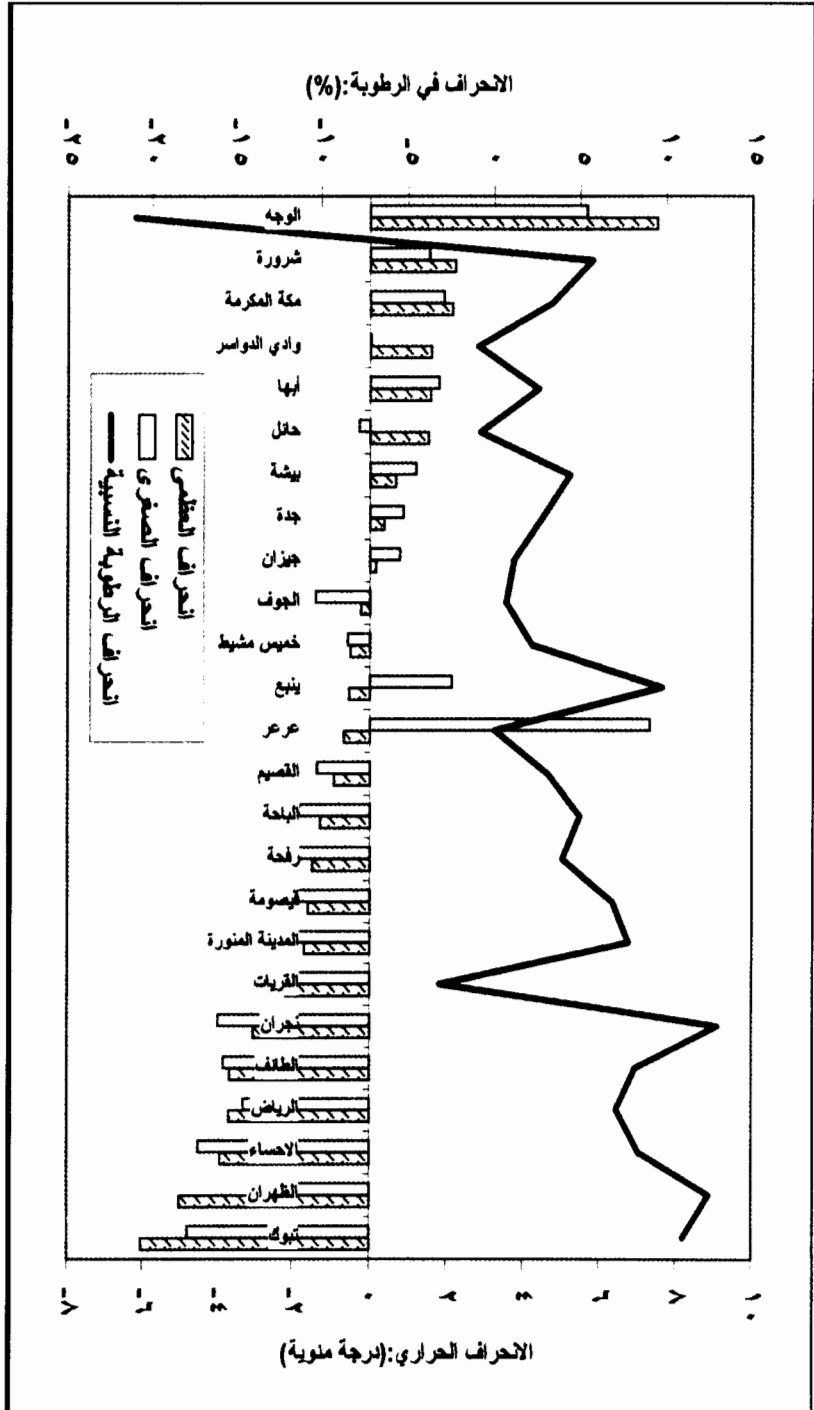
(3) تعرف معظم محطات أراضي المملكة العربية السعودية ارتفاعاً للرطوبة النسبية يراوح من صفر إلى 20٪ (القريات)، وهناك تذبذب واضح بين محطات

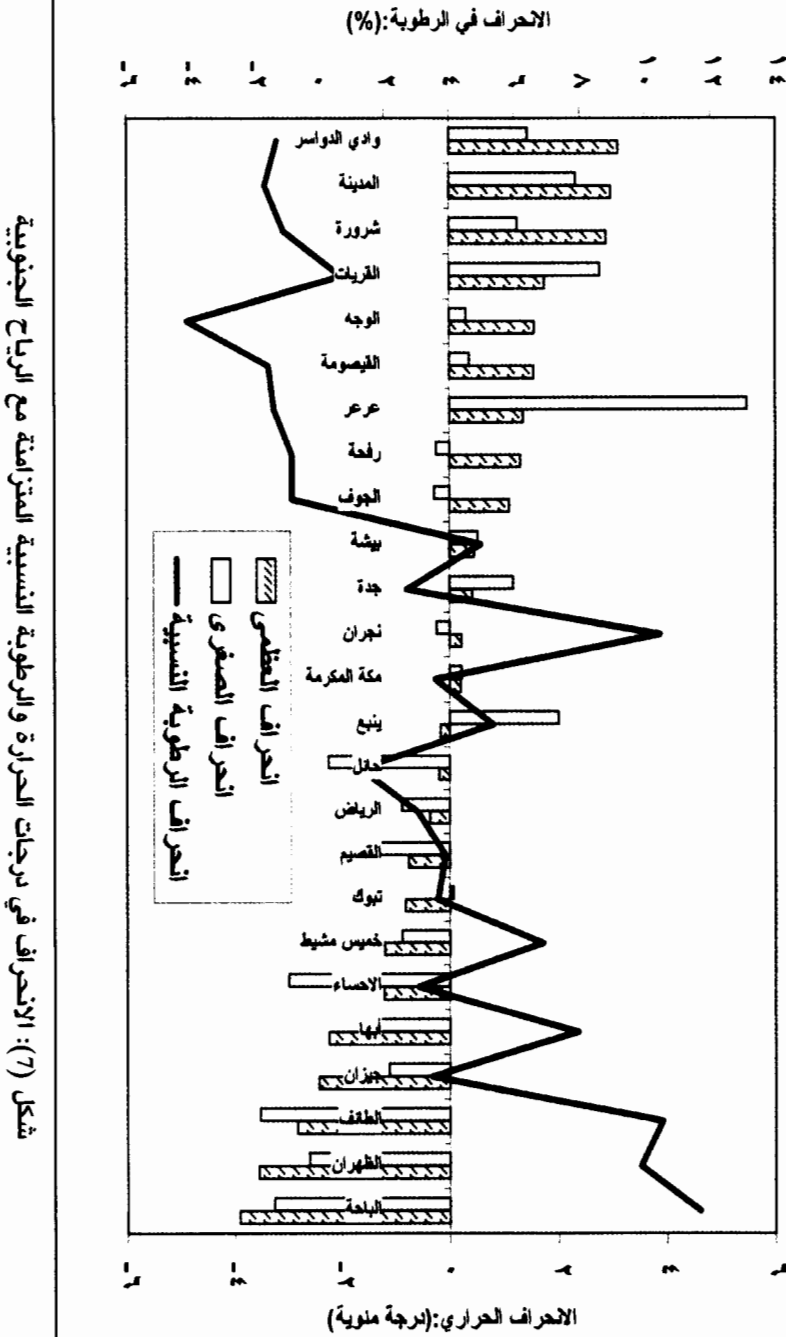


شكل (5): الانحراف في درجات الحرارة والرطوبة المتزامنة مع الرياح الجنوبية الشرقية

الشكل من إعداد الباحث

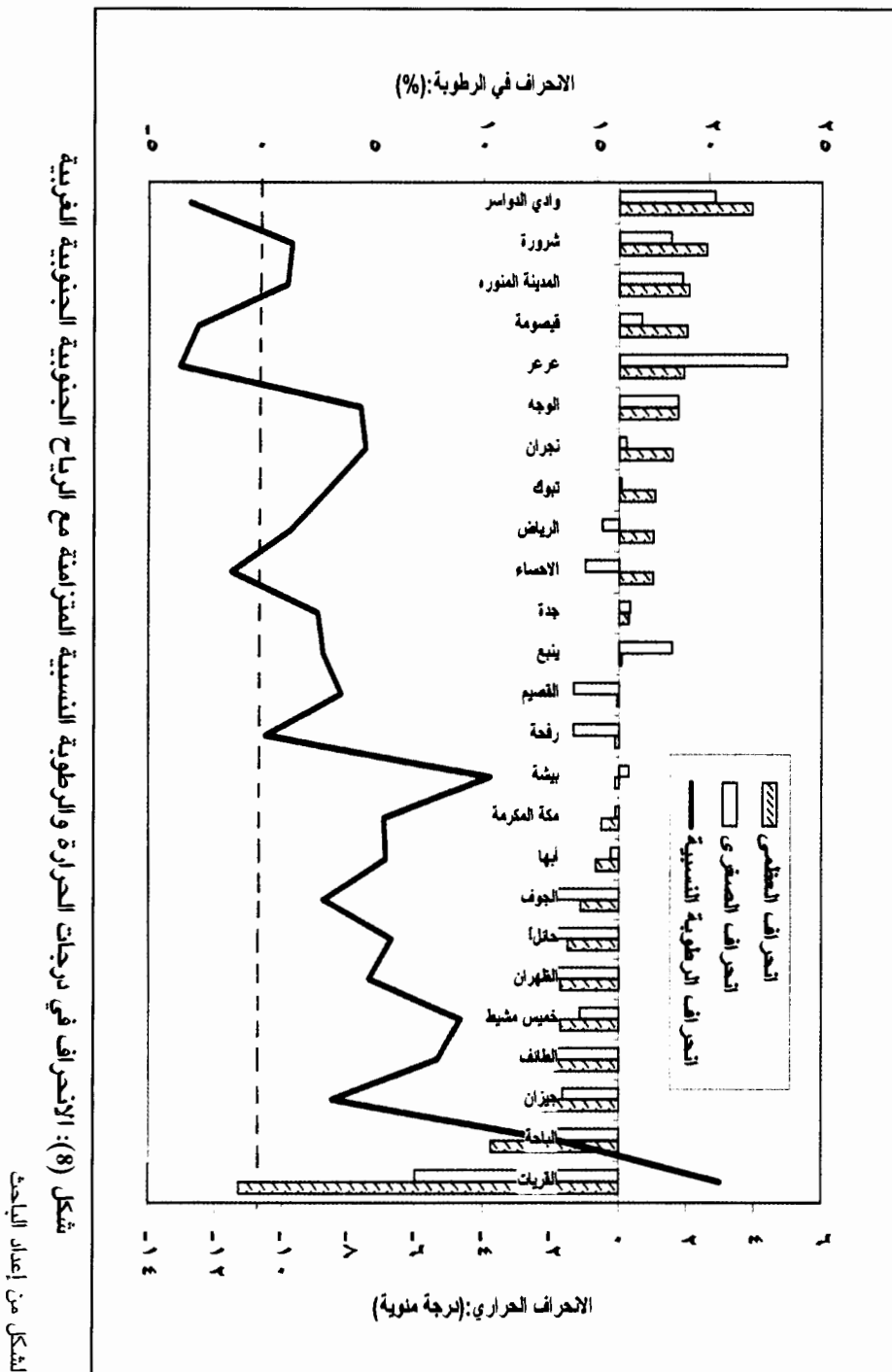
شكل (6): الانحراف في درجات الحرارة والرطوبة النسبية المتزامنة مع الرياح الجنوبية الجنوبية الشرقية
الشكل من إعداد الباحث





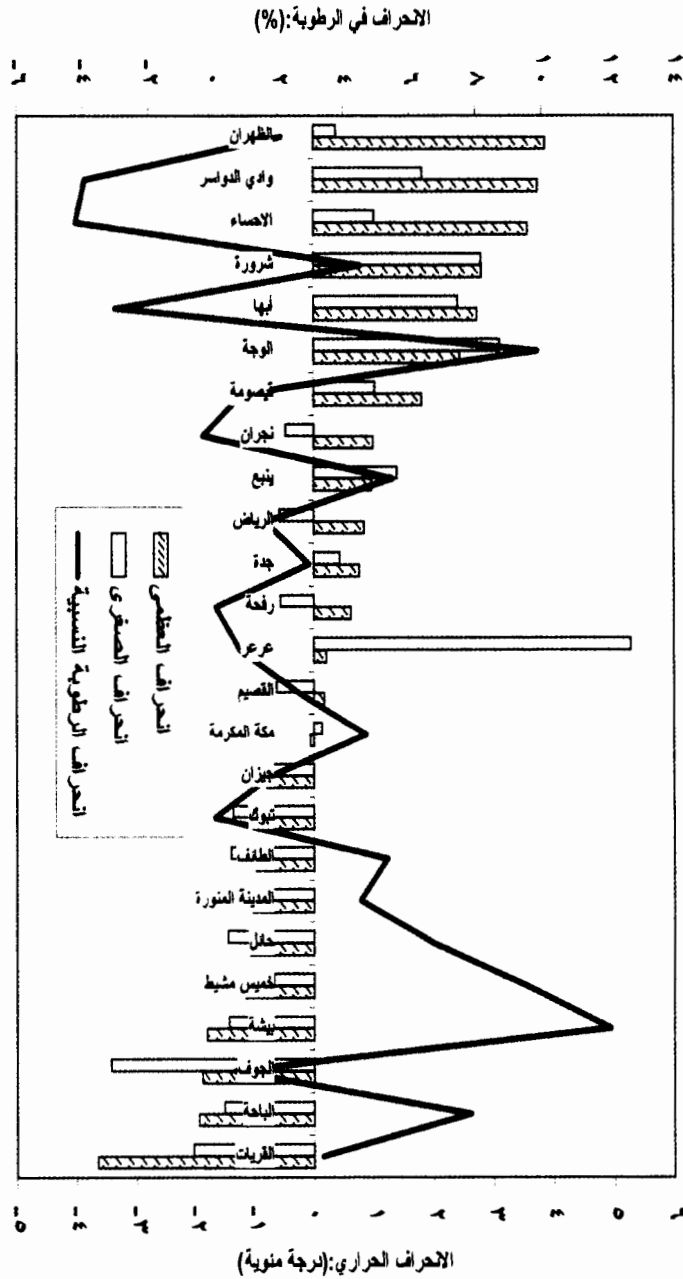
شكل (7): الانحراف في درجات الحرارة والرطوبة النسبية المتزامنة مع الرياح الجنوبية

الشكل من إعداد الباحث



شكل (9): الانحراف في درجات الحرارة والرطوبة النسبية المتزامنة مع الرياح الجنوبية الغربية

الشكل من إعداد الباحث



الانحراف الموجب. وفي هذه الأثناء تعرف المحطات القارية الرئيسة انحرافاً سالباً (عرعر والقيصومة). الشكل (7). بينما يزداد تأثر المحطات القارية عندما تصبح الرياح جنوبية صرفة حيث تنحرف جميع محطات الوسط القاري عن معدلاتها الطبيعية للرطوبة النسبية بشكل سالب. الشكل (7).

(4) تؤدي الرياح الجنوبية الغربية الحاملة عامة للرطوبة إلى انحرافات موجبة مهمة عن المعدلات الصيفية، كما هو الحال في محطات الواجهة الغربية والجبال الجنوبية الغربية، بينما تبقى المناطق القارية الداخلية والوسطى والشمالية بمعزل عن تأثيراتها الرطوبة؛ وذلك لسيادة القارية ولتدخل عمليات «التجفيف» في أوساط تتسم عادة بارتفاع في معدلات حرارتها.

ج - التباين المناخي بين نماذج طقس رياح الجنوب:

يتوجه البحث الآن للإجابة عن السؤال الأخير فيما يتعلق بأصداء رياح الجنوب بحسب مختلف اتجاهاتها، وما إذا كانت هذه الأصداء تعبر عن نماذج مختلفة فيما بينها تمام الاختلاف على مستوى أراضي المملكة العربية السعودية. للإجابة عن هذا السؤال فإن حساب انحراف المعدلات المناخية للرياح الجنوبية عن وسطياتها للفترة المعتمدة قد امتد ليشمل عناصر أخرى غير درجات الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية. في الواقع وباستخدام البيانات اليومية لجميع المحطات اعتمدت عناصر ثلاثة أخرى هي التبخر والتغيم والسرعة القصوى للرياح ليصل عدد العناصر التي تعبر عن الانحرافات المتحققة مع استتباب أحد اتجاهات الرياح الجنوبية إلى ستة عناصر مهمة تحيط بكامل الخصائص الأساسية التي يمكن أن تميز استتباب هذا النوع من الرياح السائدة.

وتبع هذا العمل الرئيسي الأولي العملية الخاصة بتصميم المصفوفة الرئيسية التي عولجت في حساب التباين متعدد المتغيرات "Mulivariate ANOVA Models" وبواسطة حزم «ال SPSS إصدار 6»، التي استخدمت في التحليل الإحصائي للمتغيرات الآتية: المحطات واتجاه الرياح وانحراف العظمى، وانحراف الصغرى، وانحراف الرطوبة النسبية، وانحراف التبخر، وانحراف التغيم، وانحراف متوسط السرعة القصوى المسجلة في اليوم لهذه الرياح.

ويدور البحث الآن حول معرفة تباين الأصداء المناخية للرياح الجنوبية بين مختلف المحطات، وبحسب مختلف اتجاهات الرياح الجنوبية الخمسة بواسطة هذه المحددات. ويبدو جلياً الآن أن حل هذا الأمر يتطلب اعتماد طريقة تحليل التباين

الثنائي متعدد المتغيرات؛ ذلك لأن المحور الرئيس لتحليل التباين في هذا المجال خاص بتعرف أثر اتجاهات الرياح (خمسة اتجاهات) واختلاف المحطات (25 محطة) على نشوء أصداء مناخية متباينة فيما بينها.

ويتضح كذلك بأن المتغيرات المستقلة هي اتجاهات الرياح والمحطات المعتمدة داخل أراضي المملكة العربية السعودية، بينما تشكل الأصداء المناخية «الانحرافات في العناصر المناخية الستة» لهذه الرياح الجنوبية المتغيرات التابعة "Dependent Variables".

وهكذا يمكن صياغة فرضية العدم أو الفرضية الصفرية على النحو الآتي: «لا توجد فروق دالة إحصائية في الأصداء المناخية كتغيرات تعزى إلى مختلف اتجاهات الرياح الجنوبية واختلاف مواقع المحطات على أراضي المملكة».

لقد حصلت نتائج تحليل التباين الثنائي متعدد المتغيرات، ويمكن تلخيصها بالشكل الآتي:

(1) فيما يتعلق بأثر اتجاهات الرياح:

طريقة الاختبار	اتجاه الرياح	درجات الحرية الفرضية	قيمة ف	دلالة ف
قيمة بيلاس Pillais	0,46960	24	2,083	0,002
قيمة هوتلانجز Hotellings	0,70780	24	2,63950	0,001
قيمة ولكس Wilks	0,56542	24	2,35764	0,001

(2) أما فيما يتعلق بأثر تخالف المحطات أو التباين بين المحطات على الفروق في الأصداء المناخية للرياح الجنوبية فيمكن تلخيص النتائج فيما يأتي:

طريقة الاختبار	مكان المحطة	درجات الحرية الفرضية	قيمة ف	دلالة ف
قيمة بيلاس Pillais	2,74803	144	3,3801	0,001
قيمة هوتلانجز Hotellings	7,91609	144	4,9109	0,001
قيمة ولكس Wilks	0,01375	144	4,05650	0,001

ويتبين من هذه النتائج ما يأتي:

- تعد قيمة (ف) لجميع الاختبارات المتاحة عالية فيما يتعلق بأثر كل من اتجاهات الرياح ومكان المحطة على الأصداء المناخية المتولدة.

- قيمة (ف) التقريبية هي دائماً تساوي أو تزيد على 2 في أثر كل من اتجاهات الرياح ومواقع المحطات في تكوين الأصداء المناخية المختلفة.

- الفرضية «لا توجد فروق دالة إحصائية في الأصداء المناخية المتولدة للرياح الجنوبية تعزى إلى تحالف اتجاهات الرياح وإلى مواقع المحطات على أراضي المملكة العربية السعودية» هي فرضية مرفوضة وأن الرياح الجنوبية تولد نماذج للطقس متباينة في أصدائها بحسب الاتجاه الذي تهب منه، وبحسب مختلف المحطات المنتشرة على أراضي المملكة، وهذا ما تؤكدته البيانات الحقيقية المحسوبة عن البيانات اليومية للمحطات، والتي أوردت في الجداول التي يجب اعتمادها مناخياً؛ لأنها إحدى النتائج المهمة للبحث التي تسمح بتأكيد نسبية المناخية وعدم خضوع المناخ الإقليمي لنماذج ثابتة أو «قواعد» يجب الأخذ بها، بل إن مبدأ التغير بحسب المركبتين المجالية والزمنية يتأكد مرة أخرى ليدل على أهمية الحقيقة المناخية المبنية على القياسات الميدانية التي تتفوق دائماً بأهميتها.

ثامناً - النتائج والتوصيات:

(1984م) - تعد الرياح السائدة من العناصر الطبيعية المناخية التي تؤثر في المناخات المحلية وتهيمن عليها، بالإضافة إلى أنها من أهم المؤشرات على الطبيعة الديناميكية للجو الذي تنتج منه. ومن خلال هذا البحث استدلت بصورة قاطعة على الدور المناخي والمهم للرياح الجنوبية على مستوى أراضي المملكة العربية السعودية.

- برزت من خلال هذا البحث بعض المسائل العلمية التي لا يمكن أن تعزى إلا للقصر النسبي لفترة القياسات المعتمدة من 1986-1998م. وتنعكس هذه المسائل بخاصة في ضعف ساعات الانحرافات التابعة للعناصر الجوية المميزة للرياح الجنوبية عن معدلات تلك العناصر لفترة المعتمدة.

- أثبتت هذه الدراسة أهمية التباين والاختلاف بين محطات المملكة العربية السعودية في أصداء الرياح الجنوبية تبعاً لتغير اتجاهاتها الرئيسية، وهذا ما أكدته التحديد الكمي والتمثيل البياني والتحليل الإحصائي.

- تؤكد الدراسة أن الاهتمام بالقياسات اليومية وتعميم استخدامها من قبل الباحثين في علوم المناخ يعد الوسيلة الفعالة لضمان تطوير أبحاث مناخية مهمة، مما يجعلنا نوصي الجهات المسؤولة في الأرصاد بتأمين هذه الخامة الأولية للقياسات وعدم الاكتفاء بتقديم البيانات الشهرية أو السنوية.

- كما نوصي بتطوير أبحاث جديدة باستخدام بيانات الرياح وضرورة العمل على دعم الأبحاث المناخية بشكل عام من قبل مراكز البحوث المختلفة؛ ذلك أن تطوير العمل المناخي ليضم النواحي النشوئية يقتضي الدعم المالي والتفرغ العلمي للوصول إلى آفاق طيبة لتفسير النواحي المناخية المتخالفة والمتنوعة بحسب مختلف أجزاء المملكة العربية السعودية وأراضيها.

- ونوصي أيضاً بتطوير شبكات الرصد الجوي وعدم الاكتفاء بالصيغة الحالية لتوزيع المحطات التابعة لمصلحة الأرصاد وحماية البيئة في المملكة العربية السعودية.

المصادر:

جهاد محمد قربة (1981). نشوء الرياح الرملية ومناطق تأثيرها الأكثر تردداً في المملكة العربية السعودية. إصدارات المؤتمر الخامس للنواحي البيولوجية، الجمعية السعودية لعلوم الحياة، جامعة الملك سعود.

جهاد محمد قربة (1982). العمل المشترك ونتائجه لمنخفض المتوسط الشرقي ومنخفض السودان على جنوب غرب المملكة العربية السعودية. إصدارات المؤتمر السادس للنواحي البيولوجية للمملكة العربية السعودية، كلية العلوم، جامعة الملك سعود.

جهاد محمد قربة (1983). هيدرولوجية سد أبها واستخدامات المياه: مثال عن استصلاح الوديان في منطقة الجنوب. إصدارات مؤتمر الموارد المائية في المملكة العربية السعودية، الجزء الأول، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود.

جهاد محمد قربة (2000). الخصائص المناخية لنماذج طقس الجفاف في المملكة العربية السعودية. سلسلة رسائل جغرافية، الجمعية الجغرافية الكويتية، ع 239، جامعة الكويت، الكويت.

جهاد محمد قربة (2000). تردد الرياح الشمالية وتتابعها في المملكة العربية السعودية. سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، ع 40، جامعة الملك سعود، الرياض.

جهاد محمد قربة (2000). نماذج الطقس الجغرافية: دراسة تحليلية للتردد والتتابع في الرياض. إصدارات الندوة الجغرافية السادسة لأقسام الجغرافية بجامعة المملكة العربية السعودية، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة.

صالح رشيد العقيلي، وسامر محمد الشايب (1998). التحليل الإحصائي باستخدام برامج الـ SPSS. عمان، الأردن: دار الشروق للنشر والتوزيع.

صفوح خير (1990). البحث الجغرافي، مناهجه وأساليبه. دار المريخ، الرياض، المملكة العربية السعودية.

عبدالله أحمد سعد الطاهر (1996). العواصف الرملية والغبارية وأثرها في ترب الحقول الزراعية في واحة الإحساء بالمملكة العربية السعودية. سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، ع 24، جامعة الملك سعود، الرياض.

عبدالله أحمد سعد الطاهر (1998). تقدير التبخر الشهري في المملكة العربية السعودية. سلسلة رسائل جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، ع 34، جامعة الملك سعود، الرياض.

عبدالمك قسم السيد (1995). احتمالات هطول الأمطار ودرجة الاعتماد عليها في المملكة العربية السعودية. سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، ع 21، جامعة الملك سعود، الرياض.

عبدالمك الكليب (1990). مناخ الخليج العربي. أبوظبي، دار الكتب الوطنية.

علي حسن موسى (1989). مناخات العالم. دار الفكر، دمشق، سورية.

مجلة العلوم والتقنية (1999): الرياح، الجزء الأول، الكتل الهوائية، العواصف الرملية، الرياح بالمملكة. مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، ع 49، الرياض، المملكة العربية السعودية.

مجلة العلوم والتقنية (1999). الرياح، الجزء الثاني، الرياح المحلية، الرياح في التراث، مصادر طاقة الرياح، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، ع 50، الرياض، المملكة العربية السعودية.

محمد عبدالفتاح القصاص (1999). التعميم - تدهور الأراضي في المناطق الجافة، عالم المعرفة، رقم 241، الكويت.

محمد بن عبدالله الجراش (1992). الأقاليم المناخية في المملكة العربية السعودية، تطبيق مقارن للتحليل التجميعي وتحليل المركبات الأساسية، سلسلة بحوث جغرافية، ع 13، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض.

محمد بن عبدالله الجراش (1995). الأشعة الشمسية القصيرة على سطح الأرض في المملكة العربية السعودية. سلسلة بحوث جغرافية، ع 23، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض.

محمد بن عبدالله الصالح (1994). التحليل التكراري لكميات الأمطار في منطقة القويعة بالمملكة العربية السعودية. بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، العدد 17، جامعة الملك سعود، الرياض.

محمد محمود محمددين (1981). الأقاليم الجافة، دراسة جغرافية في السمات والأنماط. دار العلوم للطباعة والنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية.

محمود محمد إبراهيم هندي (1991). مبادئ الإحصاء والاحتمالات. الناشر جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، المملكة العربية السعودية، البيانات اليومية للمحطات الجوية الرئيسية على أراضي المملكة.

- Alamodi, A. Osman (1986). Sea breeze wind in Saudi Arabian coastal regions, master of science, USA: University of Arizona.
- Behairy, A.K.A., Elsayed, M. (1985). Eolian dust in the coastal area north Jeddah, *Journal of Arid Environment*, no 110.
- Berroy, A. (1978). *La météorologie que sais-je*, Seconde édition no 89.
- Chassard-Bouchaud C. (1998). *Environnement et radioactivité que sais-je*, No. 2797.
- Claude H., Gary N. (1998). *La foudre, des mythologies antiques à la recherche moderne* Masson, Paris.
- Editions Belin (1998). *L'atmosphère collection Dpssiers Pour la Science*, Paris.
- Ghislain M. (1989). *L'eau Flammarion*, Coll. Dominos.
- Guy J. (1983). *Le cycle de l'eau*, Hachette Education, Coll. Les fondamentaux.
- Hermant A. (1998). L'électricité atmosphérique et la foudre Christian Lesage, PUF, que-sais-je.
- Kandel R. (1998). *L'incertitude des climats*. Hachette Littératures, coll. Pluriel.
- Kandel R. (2000). *Les eaux du ciel*. Collection Sciences - Hachette. Ecologie et environnement.
- Kerbe J., (1987). Les Caractéristiques Dynamiques du Climats de L'Arabie, *Revue de Geogr. de L'est*, Vol. 3-4.
- Nesme-Ribes E. et Thuillier G. (2000). *Histoire solaire et climatique*, édition Belin, Collection pour la science.
- Pagney P. (1985). *La climatologie que sais-je*, Seconde Edition, no 171, Paris.
- Perard J. (1997). Climate and pathological rythms in a humid tropical area, the case of the Philippines (en col. avec J.P. Besancenot). In climate and societies. A contribution to global change by the commission of climatologie of the international geographical union.
- Perard J. (1997). Risques climatiques et espace vécu dans le domaine intertropical. In Le climat, l'eau et les hommes. Ouvrage en L'honneur de Jean Mounier. Presses Universitaires de Rennes.
- Poccard I. (1998). A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and interannual reinfall variations in Southern Africa. *International Journal of Remote Sensing*. 19, 2907-2920.
- Sadourny R. (1992). *Le climat de la terre Flammarion*, Coll. Dominos, Paris.
- Siraj, A.A. (1980). *Azib weather*, General derectorate of metrorology, Saudi Arabia: Jeddah.
- Siraj, A.A. (1984). Climatological Features of Saudi Arabia, *Funa of Saudi Arabia*: No. 6, M.E.P.A., Saudi Arabia.
- Siraj, A.A. (1985). *Thunderstorm developmant in the Red Sea*, Meteorological and environmental protection administration, Kingdom of Saudi Arabia: Jeddah.
- Tardy Y. (1997). *Le cycle de l'eau: Climats, Paléoclimats et géochimie* Masson.

Turlay R. (1998). *déchets nucléaires*, Le un dossier scientifique les éditions de physique.

Wiesenfeld B. (1998). *L'atome écologique* les éditions de physique.

المواقع المهمة على شبكة الإنترنت:

(HYPERLINK “<http://www.procence-web.com/mistral/>”)

(HYPERLINK “<http://www.aix-en-provence.com/ventsdu sud/>”)

(HYPERLINK “<http://www.csbf.qc.ca/assom/sc-hum/640/theme02.html>”)

(HYPERLINK “<http://www.provence-web.com/mistral/>”)

(HYPERLINK “<http://www.eole.org/ArlvenF.htm>”)

(HYPERLINK “<http://www.meteo.org/phenomen/vent.htm>”)

(HYPERLINK “<http://www.littoclime.com/COUVERT.htm>”)

(HYPERLINK “http://www.eole.org/carte_des_vents.htm”)

(HYPERLINK “<http://www.eole.org/>”)

(HYPERLINK “<http://www.rhum.org/fr/.meteo.meteo1.htm>”)

(HYPERLINK “<http://caiac.esd.ornl.gov/trends/temp/jonescru/jones.html>”)

(HYPERLINK “http://www.meteo.oma.be/IRM-KMI/climate/ref_fr.html”)

(HYPERLINK “<http://thema.univ-fcomte.fr/joly.htm>”)

مقدم في: نوفمبر 2000.

أجيز في: نوفمبر 2002.

